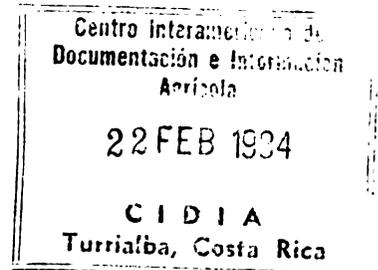


SISTEMAS DE PRODUCCION  
ANIMAL EN EL TROPICO

CURSO CORTO



- Alimentación
- Genética
- Sanidad
- Economía

Publicación financiada con fondos de la  
Fundación W.K. Kellogg como parte del Proyecto  
de Capacitación Agropecuaria para el  
Istmo Centroamericano y el Caribe

CENTRO AGRONOMOICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA, CATIE  
Programa de Formación de Recursos Humanos  
Unidad de Capacitación  
Turrialba, Costa Rica, 1983

## PROLOGO

El presente documento fue elaborado como material de apoyo para el curso de "Sistemas de Producción Animal en el Trópico" a realizarse en República Dominicana.

Este evento constituye parte de la serie de cursos cortos a nivel nacional que sobre Sistemas de Producción Animal ejecuta el Departamento de Producción Animal, del CATIE dentro del Proyecto de Capacitación Agropecuaria en el Istmo Centroamericano y el Caribe, financiado por la Fundación W. K. Kellogg. Cursos similares han sido realizados en Nicaragua, Guatemala, Panamá, Honduras y Costa Rica.

Con el fin de uniformizar el texto de algunos trabajos, fue necesario realizar algunos cambios de forma que se espera no hayan producido cambios de fondo. Así mismo, es de interés el mejorar progresivamente este material, con el objeto de contar con material educativo de apoyo para el estudio de la Producción Animal en áreas tropicales.

Carlos U. León Velarde  
Coordinador de Capacitación  
Unidad de Capacitación

## CONTENIDO

Sistemas de producción animal; Uso de la diagramación de fincas como herramienta de análisis y evaluación. Carlos León Velarde.

Requerimientos nutricionales del ganado. Danilo Pezo, Arnoldo Ruiz.

Balance de raciones. Arnoldo Ruiz, Danilo Pezo.

El pasto base de la producción bovina. Danilo Pezo.

Alimentación de terneras. Manuel E. Ruiz, Arnoldo Ruiz.

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo. Manuel E. Ruiz.

Principios del mejoramiento genético aplicados a la producción de leche en el trópico. Carlos U. León Velarde.

El uso de registros en los sistemas de producción de leche en el trópico. Carlos U. León Velarde.

Aspectos sanitarios en los sistemas de producción bovina. Medardo Lasso P.

Evaluación económica de la producción animal; conceptos y algunas aplicaciones. Marcelino Avila.

Aplicación de la programación simplificada a problemas de maximización y minimización en la agricultura. Marcelino Avila, Hugo Vargas B.

SISTEMAS DE PRODUCCION ANIMAL; USO DE LA DIAGRAMACION  
DE FINCAS COMO HERRAMIENTA DE ANALISIS Y EVALUACION

Carlos U. León Velarde

# SISTEMAS DE PRODUCCION ANIMAL; USO DE LA DIAGRAMACION DE FINCAS COMO HERRAMIENTA DE ANALISIS Y EVALUACION

Carlos U. León Velarde\*

## INTRODUCCION

El estudio de las disciplinas en forma aislada ha conducido al conocimiento específico dentro de ella; sin embargo debe considerarse que en la producción animal, la utilización de los conocimientos debe ser integrados en una síntesis, de tal forma que las explicaciones del como y por qué funciona un sistema, tenga una explicación lógica aunada al resto de disciplinas que depende (Figura 1).

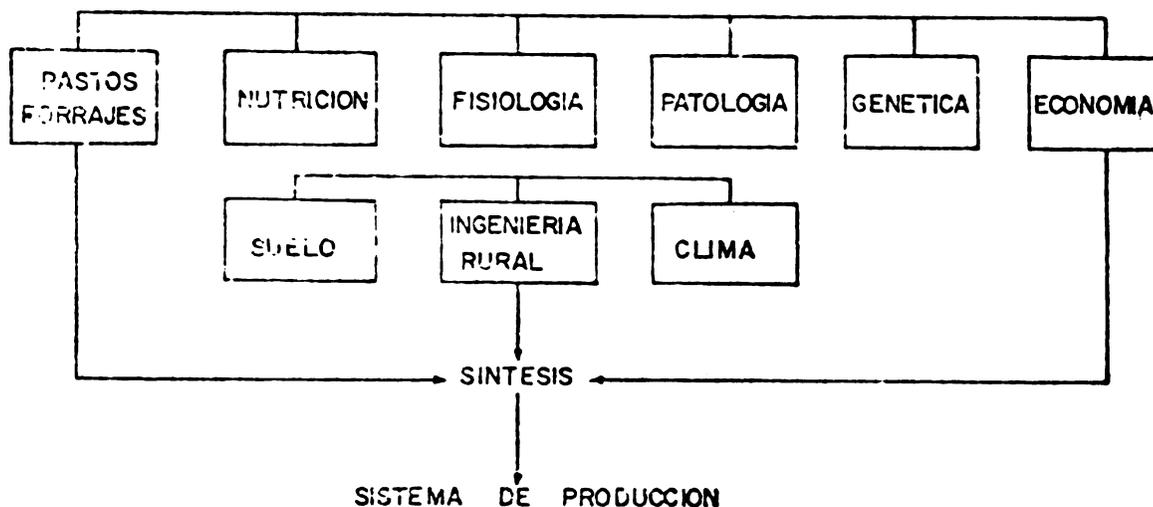


Figura 1. Integración de conocimientos en la formación de Sistemas de Producción Animal.

Actualmente existe un interés de desarrollar lo que se denomina a menudo "desde el punto de vista del sistema total" o bien el "método de sistemas"; sin embargo la magnitud de problemas, relacionados con grandes y complicados sistemas, ha dado por resultado cierta confusión con respecto

\* Ingeniero Zootecnista, M.S. Coordinador de Capacitación. CATIE. Turrialba, Costa Rica

a la terminología. De tal forma que, para mayor sencillez y claridad se usara el término de investigación de sistemas, utilizando los conceptos aplicados a la producción animal; así mismo se planteará el uso de la diagramación de sistemas como una herramienta en el análisis de ellas previo diagnóstico, con el objetivo de identificar y corregir los problemas que disminuyen la eficiencia bio-económica, previa selección de las alternativas tecnológicas generados en cada disciplina en particular.

## CONCEPTO DE SISTEMAS

Se entiende por sistema a un arreglo de componentes físicos relacionados, de tal manera que forman y/o actúan como una unidad o un todo. En esta definición las palabras *arreglo* y *actúan* condicionan dos características de cualquier sistema *Estructura* y *Función*; todo sistema presenta una estructura relacionada con el arreglo de los componentes que lo forman y tiene una función, relacionada con el cómo actúa el sistema.

En producción animal los sistemas son complejos: se componen y sufren la influencia de factores biológicos, climáticos, sociales, culturales y económicos.

En la Figura 2 se presenta una ilustración esquemática del complejo de componentes biológicos, económicos, sociales y políticos que constituyen los sistemas de producción y mercadeo de los ruminantes; así mismo entre ellos se encuentra, previo análisis, que existe una gran interacción entre los componentes, lo que lo caracteriza como un sistema abierto, es decir, tienen interacciones con el ambiente; esto resulta en entradas y salidas.

Todo sistema presenta elementos que son: componentes, entradas, interacciones, salidas y límites; los componentes son los elementos básicos del sistema y su interacción esta relacionado a la estructura de ella. Las entradas y salidas de un sistema son los flujos que entran y salen de la unidad; este proceso es lo que da función al sistema. Figura 3.

En la mayoría de sistemas biológicos la definición de los límites es difícil, ya que existen relaciones directas e indirectas entre los componentes que lo integran. Por ejemplo, si consideramos un potrero con animales pastoreando para producir carne, el límite del sistema estará dado por la producción de forraje capaz de sostener al mayor número de animales con una máxima ganancia de peso. Figura 4. En el momento de lograrse esto la única posibilidad de aumentar la producción por unidad de área radica en la selección de los mejores animales que poseen mayor ganancia de peso, lo cual también nos lleva a largo plazo a un límite genético.

POLITICA OFICIAL

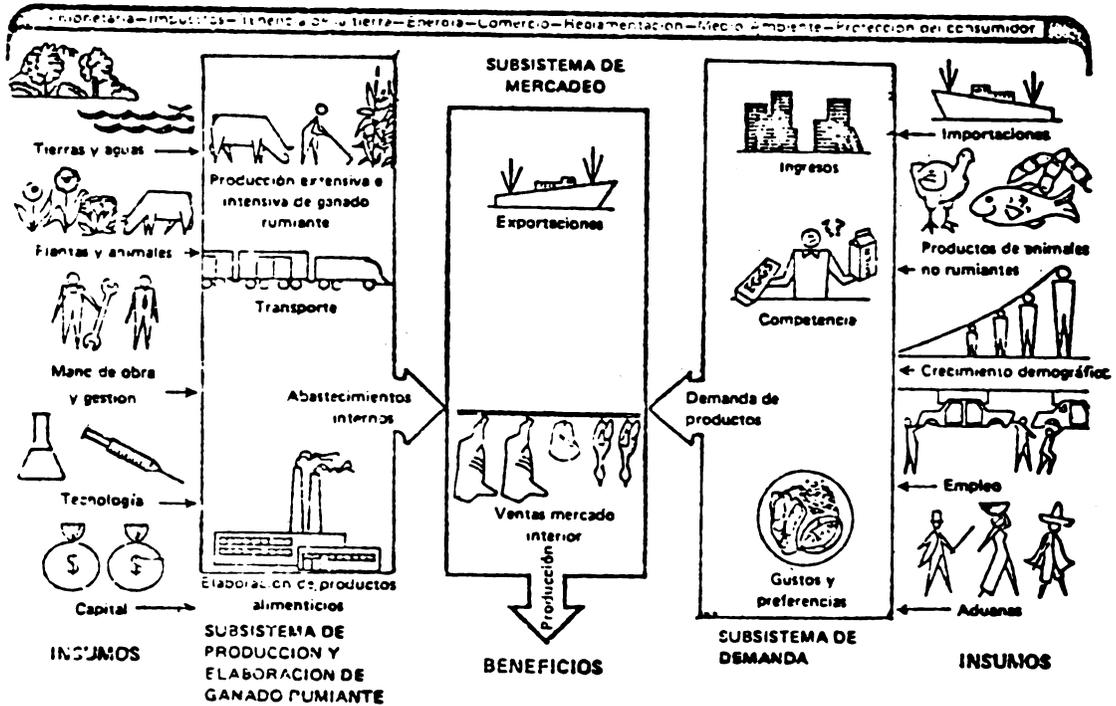


Figura 2. Ilustración esquemática del complejo de componentes interactivos biológicos, económicos, sociales y políticos que constituyen los sistemas de producción-mercadeo de rumiantes.

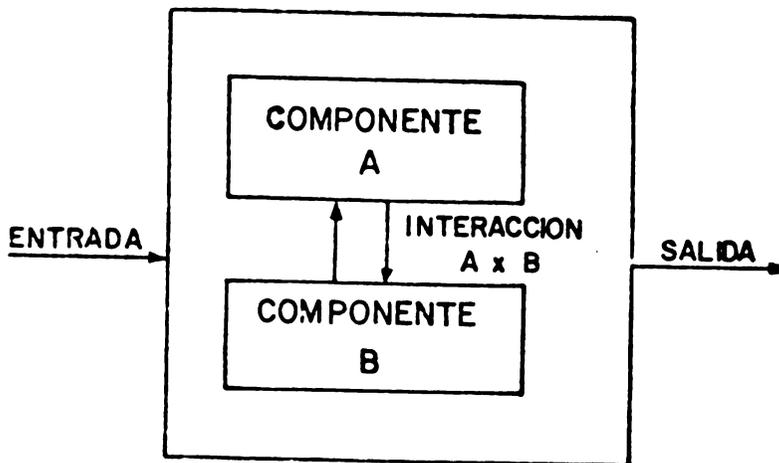


Figura 3. Presentación esquemática de un sistema abierto con entradas, salidas y dos componentes definidos por límites fijos.

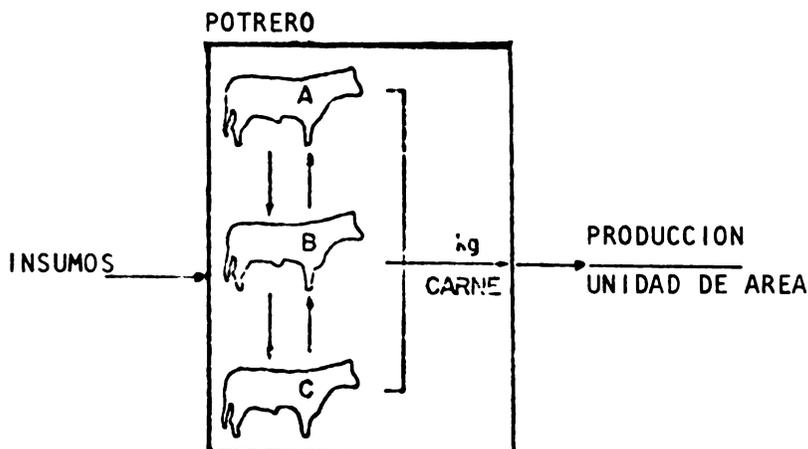


Figura 4. Límite del componente pasto.

## SISTEMAS AGROPECUARIOS

Los sistemas agropecuarios son complejos y sujetos a cambios continuos; sin embargo, para fines explicativos analizaremos a estos de lo general a lo particular. La figura 5 esquematiza gráficamente una jerarquía de sistemas agropecuarios dentro de una región, el cual puede servir como marco de referencia para la investigación pecuaria dentro de una área determinada. Un país es un sistema el cual tiene diferentes componentes, los que a su vez pueden definirse como subsistemas, que en su estudio se definen como áreas de interés. Así mismo, en un país existen regiones, los presentan también diferentes subsistemas, y que pueden ser estudiados de acuerdo al interés; por ejemplo en la Figura 5 se presenta el sistema finca de una región con prioridad de estudio con sus respectivas unidades de estudio, la que a su vez, dependiendo del interés de estudio pueden continuarse en sistemas. Generalmente, en el estudio de sistemas no es necesario abarcar todos los niveles (nivel de región hasta nivel de cultivo o animal); sin embargo, si es necesario definir la unidad de estudio como sistema, considerando sus entradas, salidas y la más importante los subsistemas que operan dentro de él. Por ejemplo, si se está interesado en el nivel de sistemas pecuarios, se tendrá que analizar el nivel de subsistemas pecuarios, el nivel de subsistema animal y por último el nivel de animal.

Toda región, finca, subsistema agropecuario, de cultivo o de animales es diferente; sin embargo, es posible describir algunos modelos cualitativos que pueden servir de referencia para investigarlos. En la Figura 6, 7 y 8 se representa mediante diagramas (modelos) una región, un sistema de finca, así como un sistema de producción animal con subsistemas relativos a los componentes que la forman (Pasto, suelo, animales, malezas, microorganismos e herbívoros).

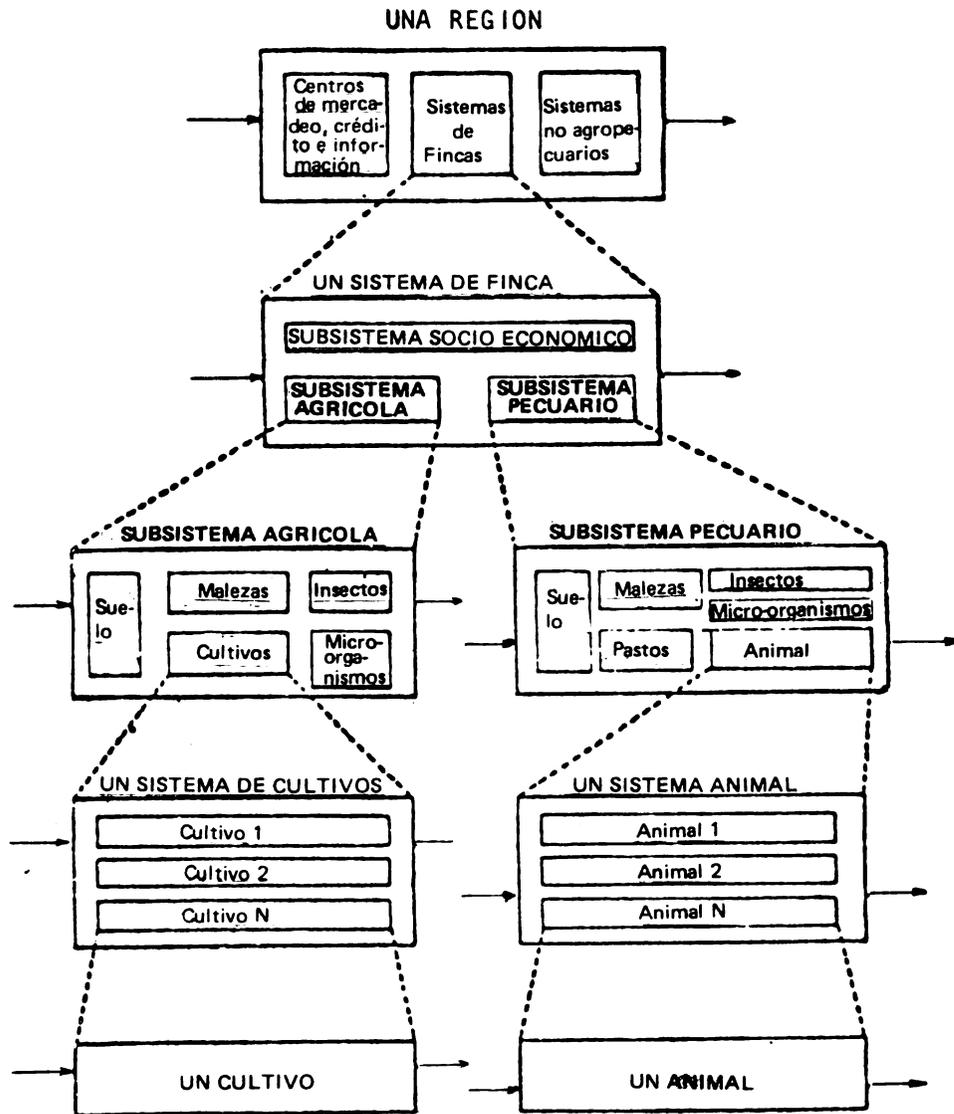


Figura 5. Jerarquía de Sistemas Agropecuarios dentro de una región.

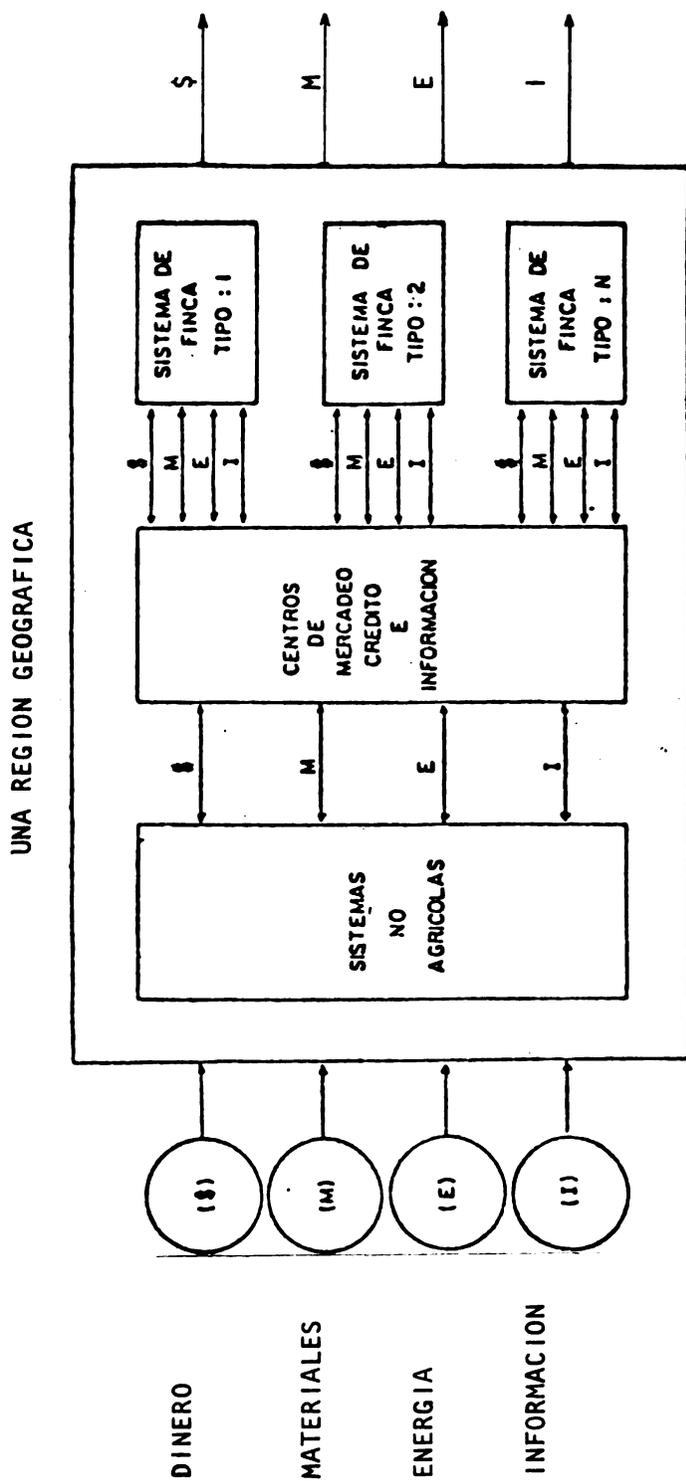


Figura 6. Una región geográfica como un sistema con entradas, salidas y flujo entre subsistemas de dinero, materiales, energía e información.

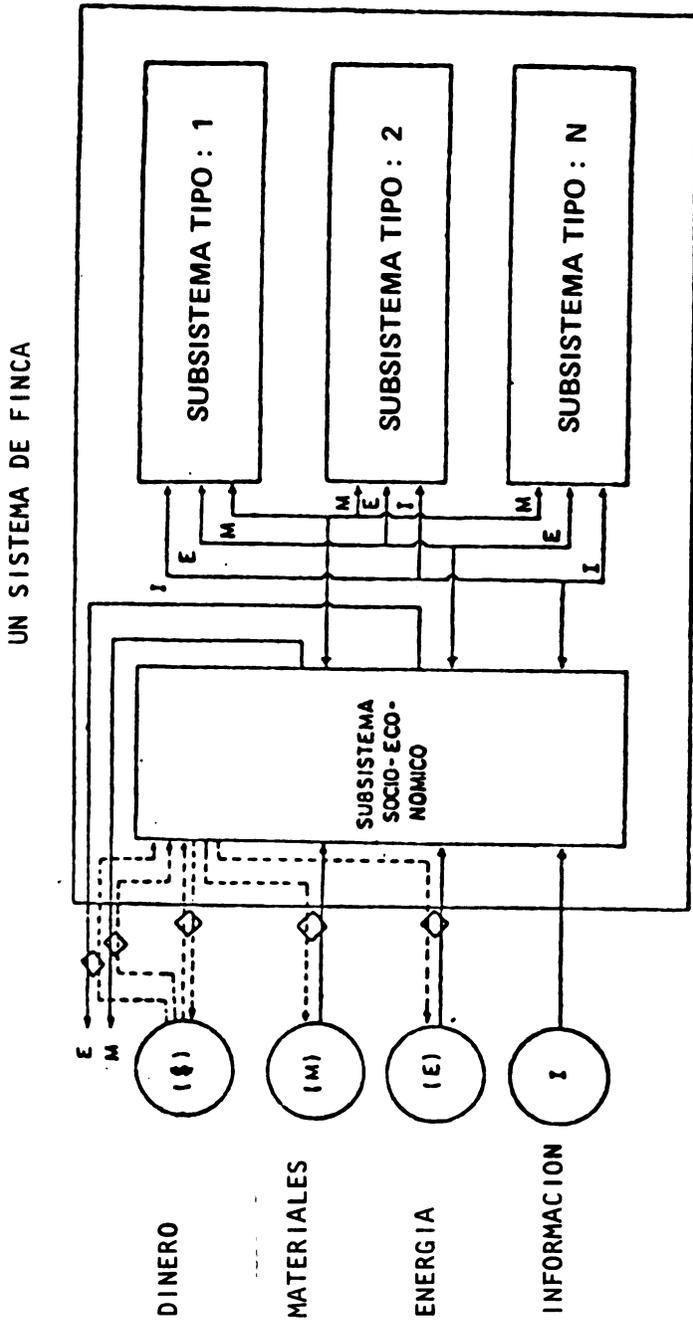


Figura 7. Una finca como un sistema con entradas y salidas de dinero, materiales, energía e información y flujos entre subsistemas de materiales, energía e información.

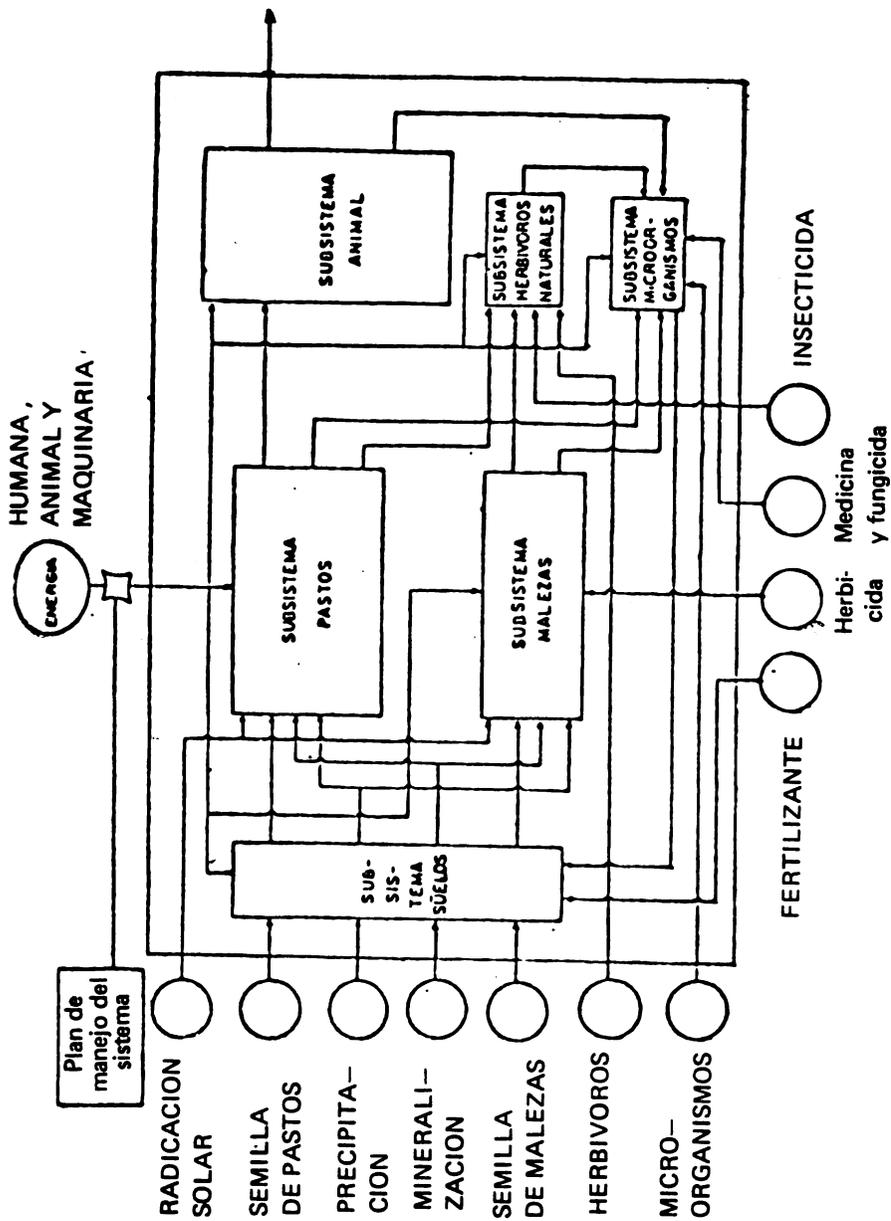


Figura 8. Sistema de Producción animal con subsistemas de pastos, animales, suelos malezas, herbívoros naturales y micro-organismos.

## INVESTIGACION DE SISTEMAS

Los objetivos de la investigación de sistemas se orientan hacia la predicción del comportamiento de un sistema, o más comunmente, mejorar el control de los ya existentes, o diseñar nuevos.

Sus dos áreas principales son el análisis y la síntesis, que tienden a seguir principios de descomposición y combinación; sin embargo, cualquier intento de investigación incluye el análisis como la síntesis, aunque no siempre es factible clasificar la investigación de acuerdo con esos lineamientos.

El distinguirlos radica en la motivación de la investigación y se puede explicar en función del concepto metafórico de la "caja negra"; esta expresión es usada para referirse a un agrupamiento de detalles desconocido, aunque estable e independiente.

Inicialmente un sistema puede considerarse como una caja negra en la que pueden observarse y medirse las entradas y medidas, pero en la que el proceso de transformación permanece desconocido. El análisis de sistemas constituye un intento para restituir la caja negra por una serie de cajas blancas, en la que una caja blanca representa una parte conocida del proceso de transformación; cuando la caja negra original pueda sustituirse por completo de cajas blancas, no habrá nada más que aprender sobre el sistema y se completará el análisis; generalmente se utilizan los conocimientos obtenidos del análisis, para modificar el sistema original o para diseñar sistemas nuevos, lo cual requiere la especificación de un nuevo agrupamiento de componentes (diseño de sistemas) o modificar las relaciones entre los componentes (control o administración de sistemas).

Los pasos habituales en la investigación de sistemas son:

- La especificación del problema, lo que conduce a una definición cualitativa.
- El análisis del sistema, que trata de proporcionar una especificación cuantitativa.
- La síntesis del sistema, que trata de dar solución al problema original.

Todos estos pasos están ligados y el análisis y la síntesis pueden ser conjuntos en los diferentes niveles del sistema.

## USO DE MODELOS EN LA INVESTIGACION DE SISTEMAS

En el estudio de los sistemas de producción animal, es cada vez más notorio el uso de modelos ya que presenta ventajas y es un instrumento útil para el técnico. Entre las ventajas que presentan la modelación o esquematización

de los sistemas de producción animal está:

- a. Organiza los conocimientos disponibles acerca del sistema para una comprensión más clara de los variables y procesos interactivos que constituyen el sistema.
- b. Identifica la falta de conocimiento y comprensión del sistema que debe resolverse con investigación.
- c. Estimula la adopción de enfoques multidisciplinarios para mejorar el sistema y la coordinación entre especialistas en un esfuerzo común.
- d. Promociona un mejor entendimiento del funcionamiento del sistema para la desición de menor riesgo y evita fracasos costosos; y
- e. Extrapola situaciones en que se conoce bien como funciona el sistema a situaciones nuevas o que se entienden mal.

Sin embargo, es necesario reconocer que es difícil estudiar un sistema real en toda su magnitud; así mismo, por definición, la investigación en sistema se ocupa del diseño de nuevos sistemas, por lo que estaríamos suponiendo, por deducción que los sistemas reales no existen y habrá que utilizar modelos. En algunos casos cuando existe el sistema real, la experimentación puede no ser factible debido a factores de corto, tiempo y otras por ejemplo, una finca lechera de un productor es un sistema de producción animal, que puede y debe observarse, medirse, pero que no es manipulable para fines experimentales, en la mayoría de los casos.

Los sistemas pueden ser representados en tres tipos de modelos: reales, analógicos y simbólicos. De ellos los modelos simbólicos representan las componentes con símbolos y la investigación de sistemas se ocupa de cuantificar los símbolos, es decir, plantear modelos matemáticos; en general, los modelos simbólicos son los más abstractos y fáciles de manejar. Generalmente los modelos se emplean realizando una distinción entre la aplicación descriptiva y normativa; cuando se usa con fines descriptivos el modelo actua como base para la identificación de los componetes y relaciones funcionales del sistema con el objetivo de lograr una mejor comprensión del sistema.

Los modelos son usados en forma normativa para tratar de resolver problemas, por lo tanto requiere de funciones objetivas para valorar distintas reglas de decisión; en la mayor parte de los problemas de adopción de resoluciones, la función objetiva se encargará de los beneficios o de las utilidades.

## ANÁLISIS DE SISTEMAS

El análisis de un sistema se realiza considerando los siguientes pasos:

- Identificación del sistema que se espera analizar
- Construcción de un modelo conceptual y preliminar del sistema
- Validación del modelo preliminar
- Modificación y revalidación del modelo si es necesario

Todos estos pasos tienden al análisis de la relación entre la estructura y la función de un sistema, por lo que el análisis puede presentar objetivos específicos, esperándose utilizar los resultados para recomendar modificaciones del sistema; sin embargo, el uso de los resultados de un análisis, no es propiamente un paso de este proceso.

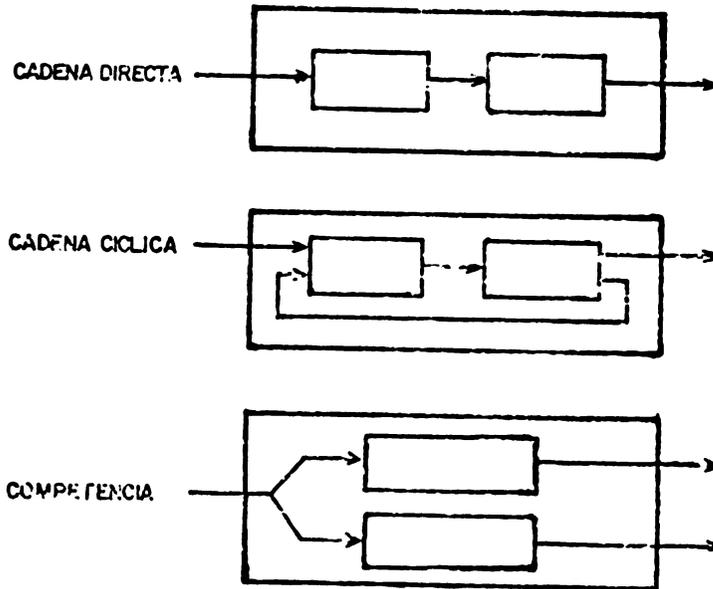
La identificación del sistema es un paso fundamental y puede ser relativamente fácil si se dispone de técnicos en análisis de sistemas. Tiene el objetivo principal de definir los componentes y límites del sistema; con esta información empieza el proceso de conceptualizar, en una forma preliminar, definiendo la estructura y función del sistema.

Al definirse la estructura y función del sistema se tendrá que definir las principales relaciones entre los componentes, que lo forman; estas pueden ser en cadena directa, cíclicos y de competencia, pudiendo tener un sistema todos estos tipos de interacción. Asimismo, debe considerarse las relaciones entre componentes y flujos que afectan la estructura y la función de un sistema. (Figura 9).

Posteriormente la construcción del modelo conceptual del sistema es el paso donde se consideran las hipótesis de estructura y función y se combinan para formar un conjunto que describa al sistema. Un diagrama del sistema resumirá las entradas, salidas, componentes, interacción entre componentes y los límites del sistema, considerándose como un modelo preliminar. Si se tiene antecedentes de estudios sobre el sistema planteado, el modelo preliminar puede ser complementado en forma cuantitativa, considerándose hasta ecuaciones matemáticas.

El siguiente paso es la validación lo cual puede requerir de un período largo de observación o solo de experimentación para observar el efecto de los cambios sobre la eficiencia del sistema; en todo caso, el sistema real debe ser comparado con el modelo conceptual para determinar su precisión y plantear las posibles modificaciones. Al llegar al objetivo final que satisfaga la precisión, el análisis propio termina y empieza el proceso de aplicación, aunque en algunos casos no hay diferencia marcada entre estos procesos.

## RELACIONES ENTRE COMPONENTES



## RELACIONES ENTRE COMPONENTES Y FLUJOS

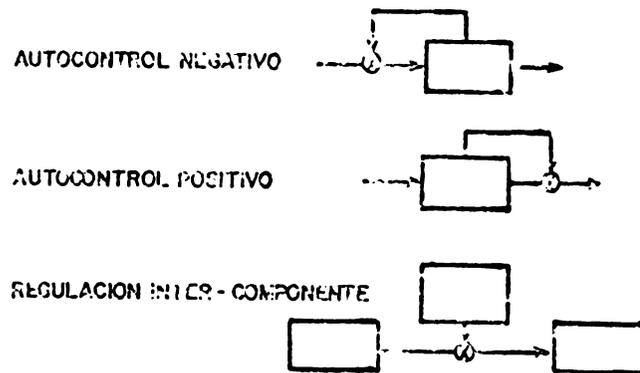


Figura 9. Ejemplos de diferentes relaciones entre componentes y entre componentes y flujo que afectan la estructura y la función de un sistema.

## DIAGRAMACION DE SISTEMAS

Un sistema puede ser diagramado, previa definición de sus componentes en el nivel jerárquico en que se le estudiará. Existen diferentes símbolos que facilitan la diagramación; R. Hart adaptó la simbología planteada por H. Odum, la que tiene la ventaja de ser útil para construir el modelo preliminar y posteriormente realizar un análisis que requiera mayor precisión matemática, ya que los símbolos pueden convertirse en ecuaciones, las que pueden ser estudiadas por simulación con el uso de computadoras.

La figura 10 describe y define los principales símbolos básicos utilizados en la diagramación de sistemas.

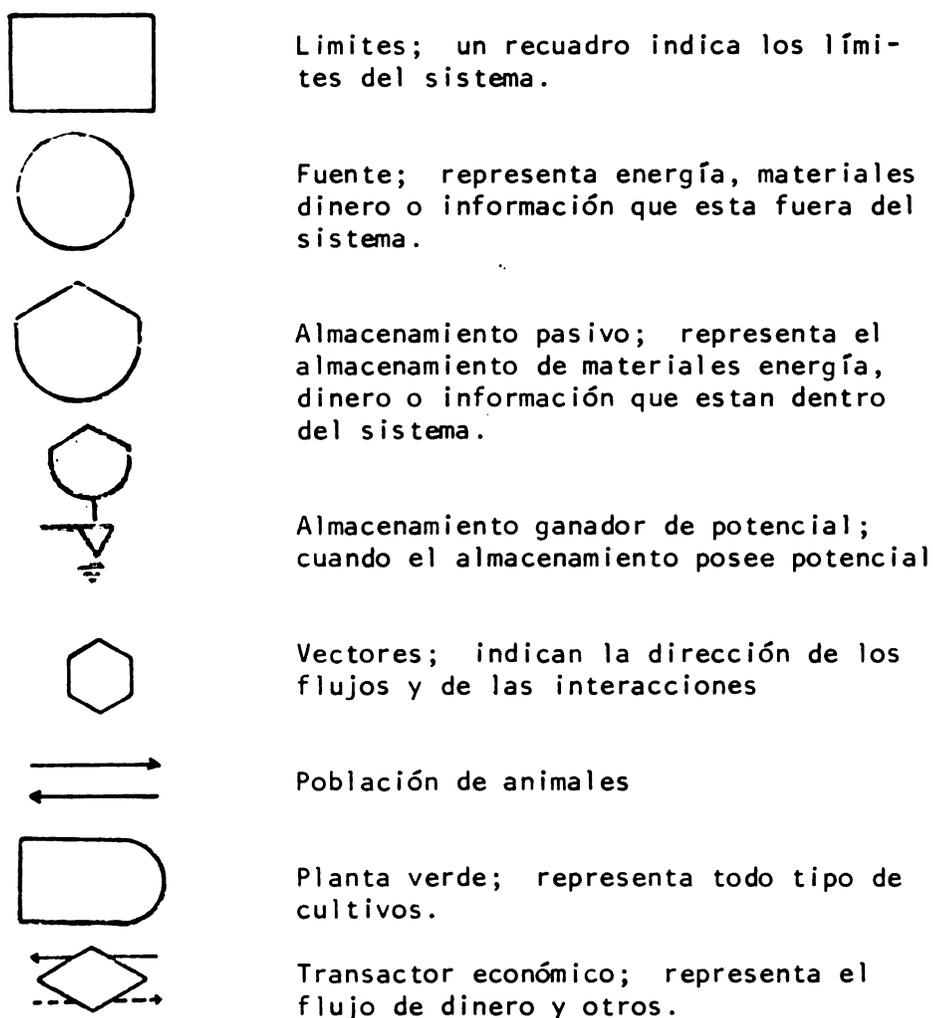


Figura 10. Principales símbolos del lenguaje de circuitos de H. T. Odum (1971) y los fenómenos que representan.

Para iniciar el proceso de diagramación se deberá definir los límites y los componentes que integran el sistema, considerado este como fincas en la terminología de uso práctico; posteriormente se consideran los insumos que ingresan en el sistema, en sus respectivas cantidades y costos. Se considera insumos a todos aquellos objetos que inciden directamente en la producción; por ejemplo; herramientas, fertilizantes, herbicidas, inseminación artificial etc.

En la Figura 11 se representa el primer paso a considerar en la diagramación de sistema de producción animal.

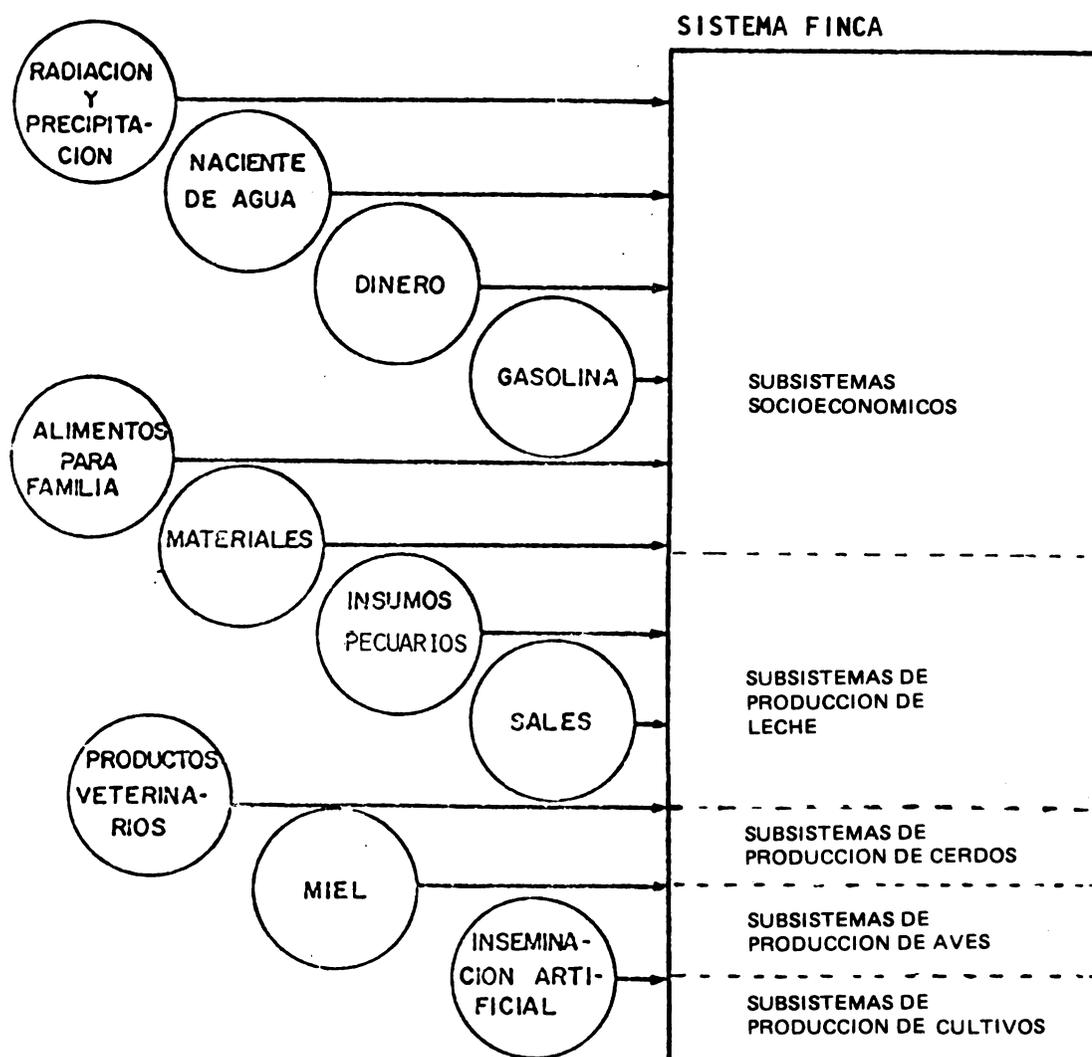


Figura 11. Insumos que ingresan al sistema finca.

Se observa que el sistema finca posee dos principales subsistemas el socioeconómico y el de producción; ambos según sea el interés de estudio podrá constituir un sistema. Para fines explicativos se usaran con subsistemas, considerando la gran relación con la administración y manejo del sistema.

En la Figura 12 se representa el subsistema socioeconómico considerando al productor como eje y los depósitos o almacenamientos con los cuales tiene relación. Así mismo todos los insumos son producto de un gasto, el cual es esquematizado en la Figura 13 mediante el concepto del transactor económico.

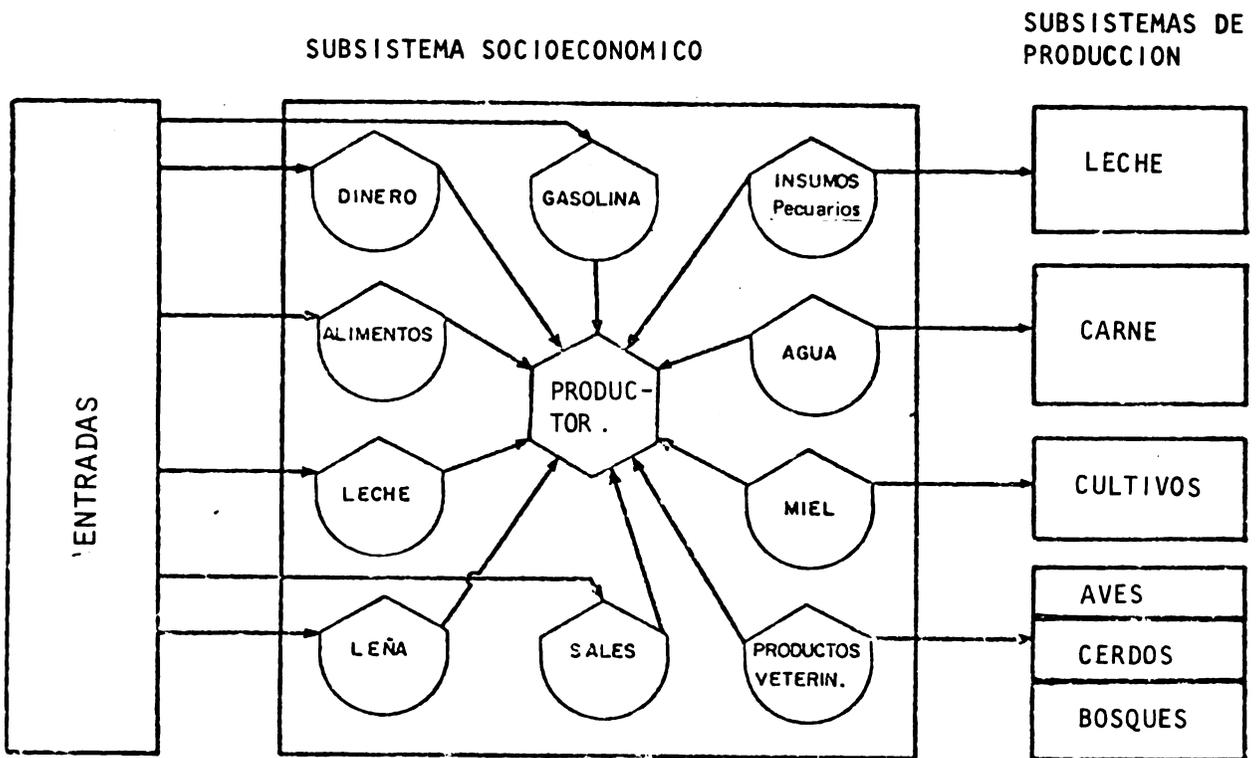


Figura 12. Subsistemas socioeconómicos.

Dentro de cada uno de los subsistemas, existen componentes que forman la estructura y que tiene relaciones de acuerdo a la función de desempeñar; por ejemplo la producción de leche es procesada a queso, dentro del sistema socioeconómico, con el correspondiente uso de insumos que requiere la producción de quesos, esta acción es representada en la Figura 14.

Al tener definido el sistema socioeconómico este puede ser ampliado considerando lo planteado en la Figura 11 y 12. En la Figura 15 se representa esquemáticamente las relaciones que ocurren entre los componentes de un subsistema socioeconómico.

En igual forma en el subsistema de producción de leche puede definirse sus componentes y entradas, lo cual se resume, en un primer paso en la Figura 16, en la cual se considera el ganado y el pasto como dos componentes con gran relación entre ellos. Así mismo es factible de diagramar los otros subsistemas que componen el sistema finca; por ejemplo; cerdos, cultivos, bosques, etc.

La Figura 17 representa la diagramación de los subsistemas que pueden integrar el sistema finca, los cuales unidos al subsistema socioeconómico se tiene la diagramación total del sistema de forma cualitativa Figura 18. El siguiente paso consiste en la cuantificación de cada relación entre insumos productos, previa transformación del componente, lo cual podrá indicar la eficiencia parcial, las que relacionado en forma global se tendrá el subsistema de mayor importancia bioeconómica.

## REFERENCIAS

1. DENT, J. B. y ANDERSON, J. R. El análisis de sistemas de administración Agrícola. Centro Regional de Ayuda Técnica, México. 1974. 463 p.
2. HART, R. D. Un marco conceptual para la investigación con sistemas agrícolas. In Seminario Metodológico de Opciones Tecnológicas para Sistemas de Producción de Cultivos. Santo Domingo, República Dominicana. 1982. 22 p. (mimeografiado).
3. \_\_\_\_\_. Agroecosistemas; conceptos básicos. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 1979. 211 p.
4. ROCKENBACH, O. C. y HART, R. D. Diagramación de fincas; herramientas para representar Sistemas Agropecuarios. CATIE, Turrialba. 1981. 23 p. (Series materiales de Enseñanza N°11).

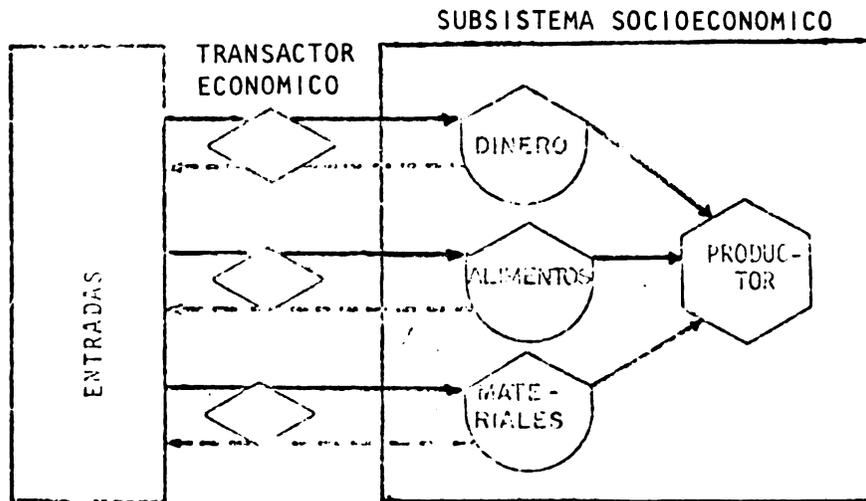


Figura 13. Concepto del transactor económico.

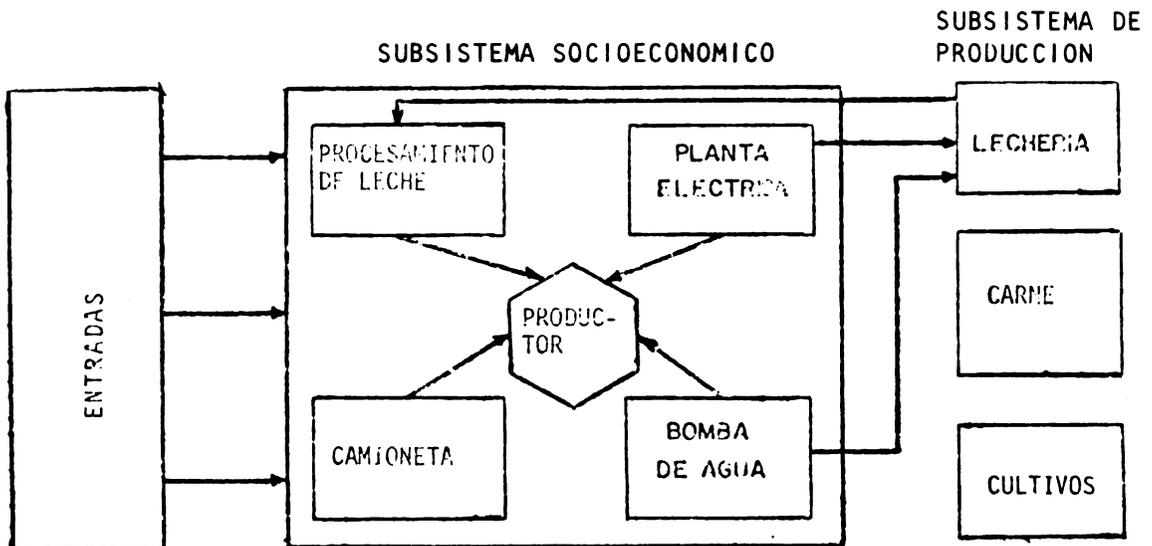


Figura 14. Algunas relaciones del subsistema de producción de leche con el subsistema socioeconómico.

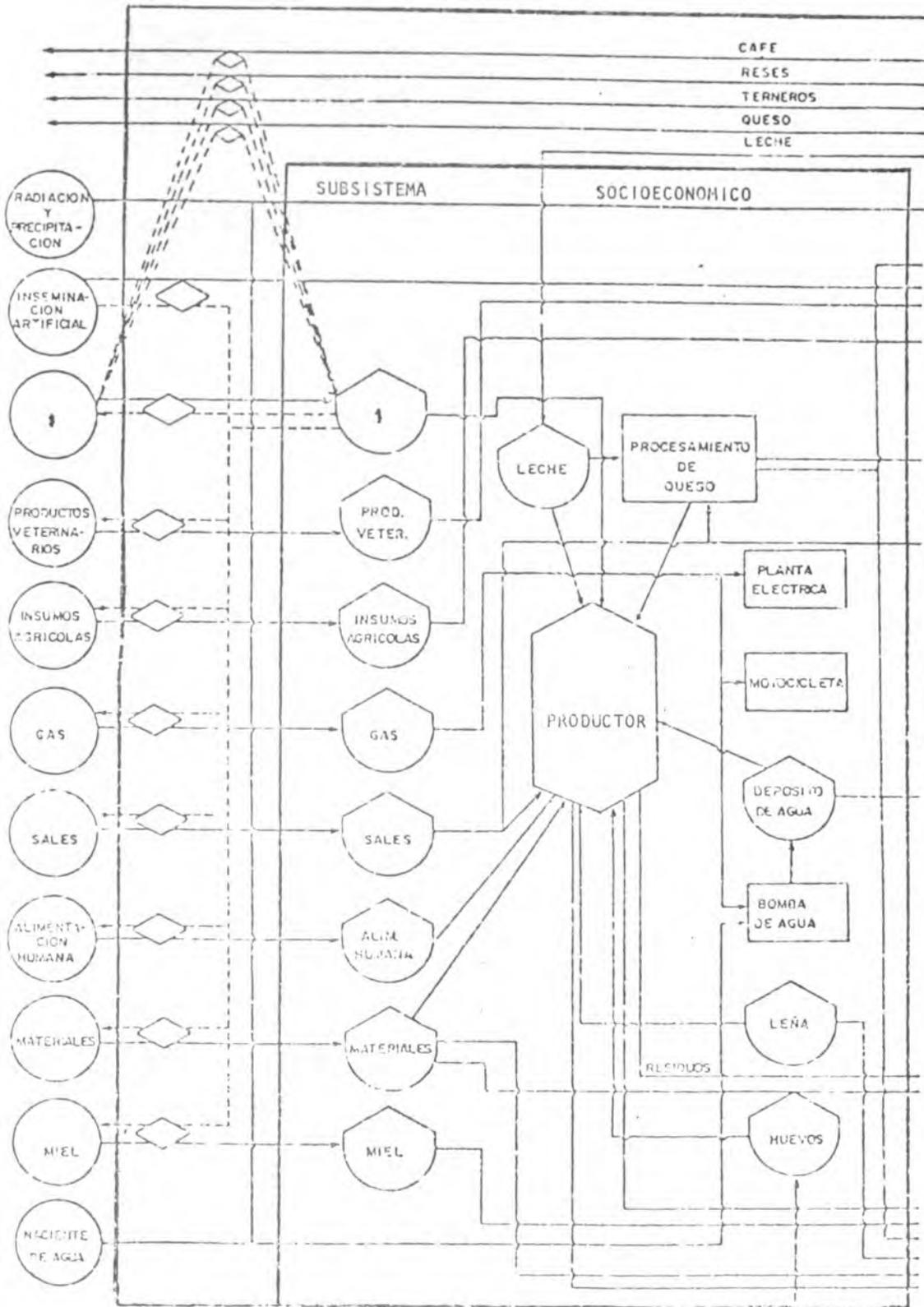


Figura 15. Diagramación del subsistema socioeconómico.

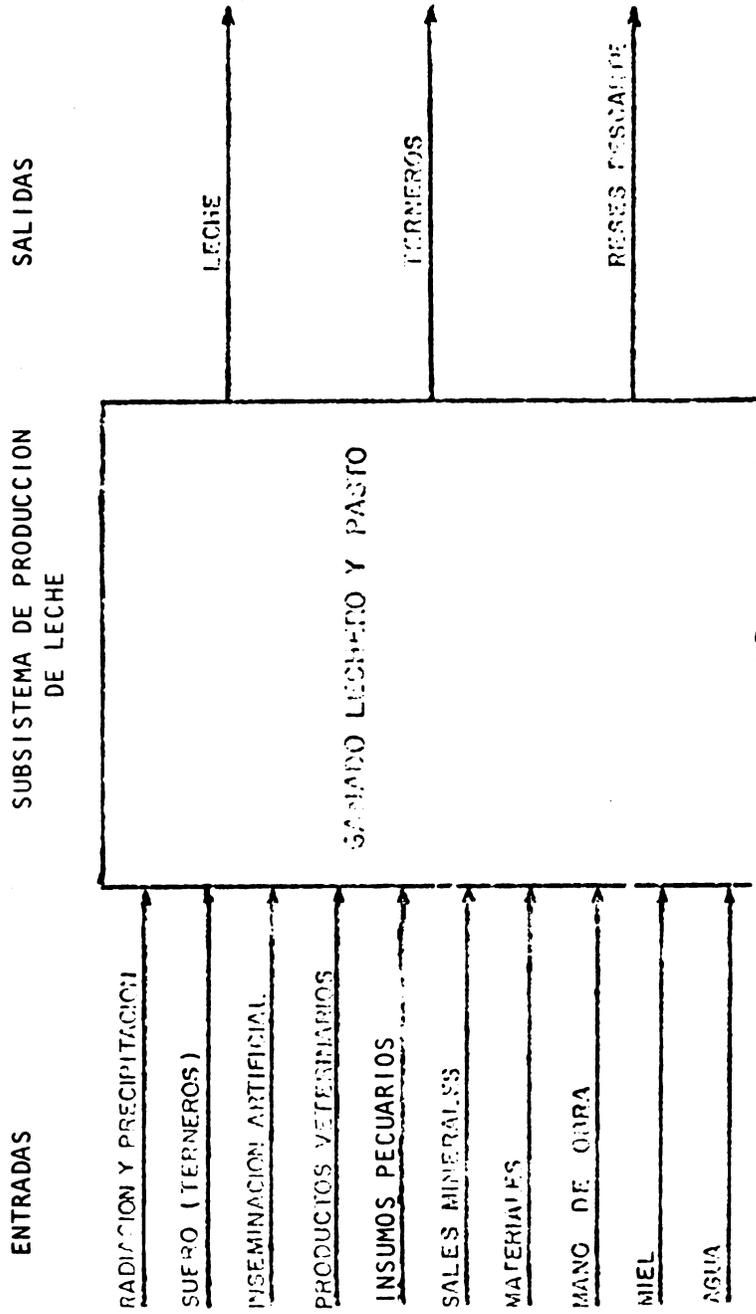


Figura 16. Componente, entradas y salidas de subsistema productivo relacionado a lechería.

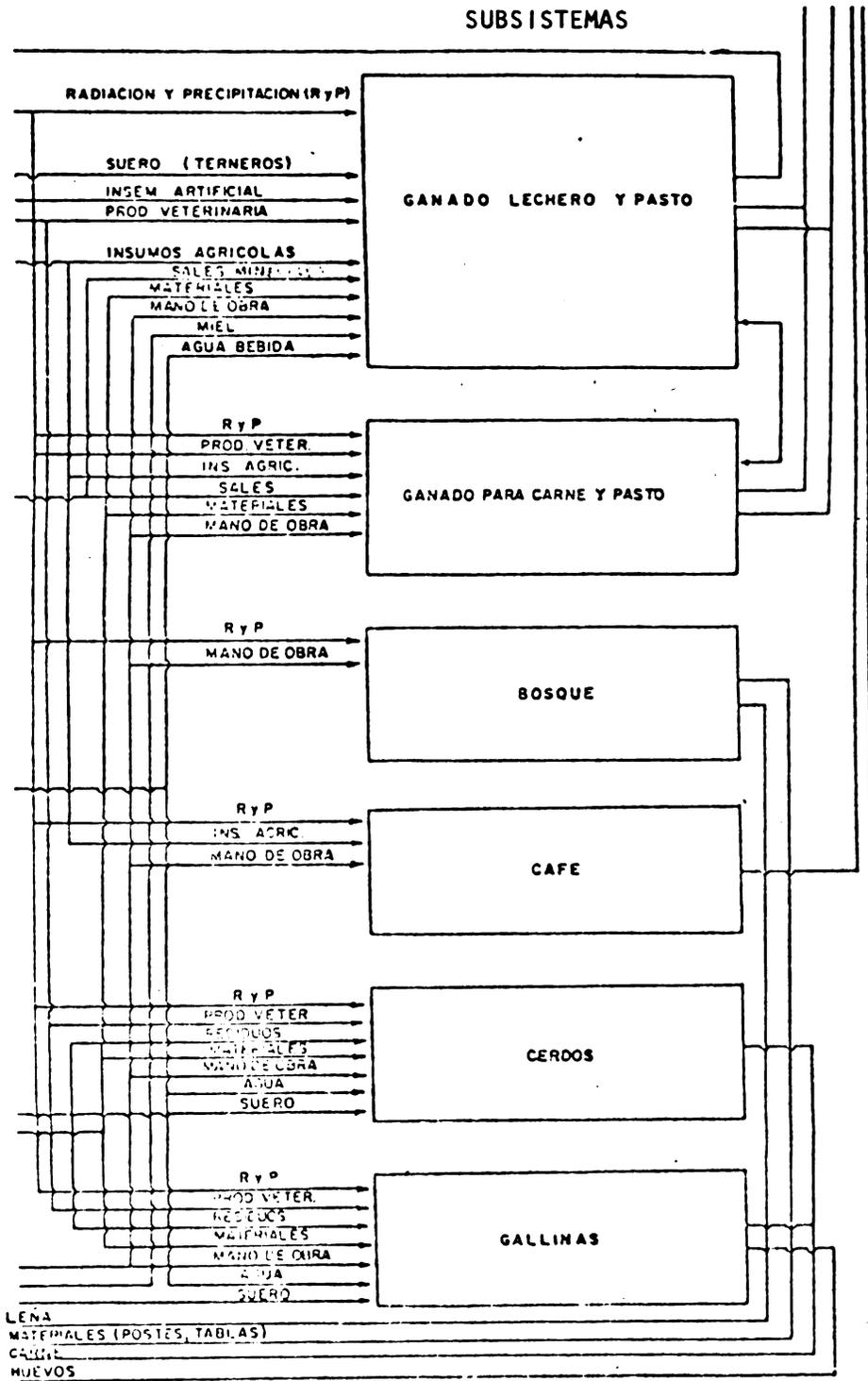


Figura 17. Diagramación de subsistemas productivos.



REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL GANADO

Danilo Pezo  
Arnoldo Ruiz

## REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL GANADO

Danilo Pezo  
Arnoldo Ruiz

### LOS NUTRIENTES

El ganado requiere una diversidad de nutrientes para su mantenimiento y propósitos productivos. Desde este punto de vista se puede decir que nutriente se define como cualquier constituyente o grupo de constituyentes del alimento, que correspondiendo a una composición química general, contribuye al mantenimiento de la vida. Los nutrientes requeridos por el animal se pueden agrupar en cinco categorías: energía, proteína (se puede hablar de nitrógeno en los ruminantes), minerales, vitaminas, y el agua. Desde el punto de vista cuantitativo, los requerimientos de agua son los mayores, seguidos por los requerimientos de energía y proteína. En cambio, las vitaminas y los minerales son requeridos en cantidades muy pequeñas.

A menudo, bajo condiciones prácticas, se hace demasiado énfasis en la suplementación mineral y vitamínica, dejándose un tanto de lado el problema mayor y más frecuente que es el energético-proteico. Cabe recordar que incluso en sistemas de manejo intensivo de pasturas, cuando se trabaja con vacas de mediano y alto potencial de producción de leche, se presentan más frecuentemente deficiencias de energía, y en menor grado de proteína.

### AGUA

El ganado sufre más rápidamente por falta de agua que por la deficiencia de cualquier otro nutriente. Para reconocer la importancia del agua en la nutrición del ganado se debe recordar que esta representa de la mitad a 2/3 de la masa corporal en el animal adulto y puede representar hasta un 90 por ciento en el animal recién nacido. Un animal puede perder prácticamente toda su grasa corporal y la mitad de la proteína contenida en su cuerpo y aún seguirá viviendo; en cambio, la pérdida de sólo un 10 por ciento de su contenido de agua puede provocarle la muerte.

Entre las funciones del agua, que como se ha mencionado es el constituyente más importante en casi todos los tejidos del animal, se pueden citar las siguientes:

1. Como componente importante de la sangre y linfa, el agua cumple un papel importante en el transporte de los distintos nutrientes dentro del cuerpo, ya sea en solución o suspensión.
2. Su capacidad de solvente y su uso como sustrato permite que ocurran una serie de reacciones relacionadas con la utilización de los otros nutrientes en el animal.

3. Los productos finales del metabolismo, por ejemplo la urea, son eliminados del cuerpo por medio del agua en la orina, cumpliendo así un papel de limpieza en el organismo.
4. Otro papel importante del agua está en la regulación de la temperatura del animal, esto en virtud de dos propiedades. Una constituida por la capacidad del agua para absorber calor, y la otra relacionada con la capacidad del animal para disipar o eliminar calor mediante la evaporación del agua. Esto permite al animal eliminar el calor producido durante las diferentes reacciones químicas que suceden a nivel celular.
5. Como constituyente del líquido sinovial el agua juega un papel como lubricante de las articulaciones, y al constituir también parte de los líquidos cerebro-espinales actúa como amortiguador de los órganos del sistema nervioso.
6. También cumple papeles importantes en el transporte del sonido en el oído medio y de las imágenes en el ojo.

El agua requerida por el animal puede ser provista de diferentes maneras: a) en la bebida, b) como parte constituyente de los alimentos, c) el agua metabólica producida por la oxidación de nutrientes, d) agua liberada de reacciones de polimerización tales como la condensación de aminoácidos a péptidos, y e) agua preformada y contenida en los tejidos, la cual es catabolizada durante un período de balance energético negativo.

Con relación al consumo de agua, son muchos los factores que lo afectan, entre ellos se pueden citar: temperatura ambiente, nivel de consumo de alimentos, contenido de agua de los alimentos, tamaño corporal y nivel de producción de leche. El consumo de agua se incrementa a medida que aumenta la temperatura ambiental; sin embargo, en climas calientes puede disminuir el consumo de alimentos y la producción, con una reducción concomitante en el consumo de agua.

El ganado, de manera general, consume de tres a cuatro litros de agua por cada kilogramo de materia seca consumida. Por otro lado, la vaca lechera consume de tres a cuatro litros de agua por litro de leche producido. Hay evidencias también de que la producción de leche es mayor cuando el agua está disponible todo el tiempo que cuando ésta se ofrece dos veces al día.

## ENERGIA

El cuerpo del animal es comparable con un motor de gasolina, que requiere repuestos para su mantenimiento o reparación y combustible o energía para su funcionamiento. Lo primero es aportado por el agua, la proteína y los minerales, y el combustible por los carbohidratos y grasas. Un animal utiliza la energía para diversas funciones corporales. Una cierta proporción es utilizada para el mantenimiento de los tejidos corporales, en los cuales, constantemente se producen las diferentes reacciones químicas

necesarias para el mantenimiento de la vida. Un animal en crecimiento necesita energía extra para la formación de nuevos tejidos corporales. Una vaca preñada necesita energía para la formación de tejidos del feto que está gestando y una vaca que está produciendo leche requiere aún de más energía para la formación de la leche que secreta su glándula mamaria.

Cuando el alimento es limitado, y por ende la energía, una vaca usará la energía disponible para el mantenimiento y la reproducción, sacrificando el crecimiento y la lactancia; sin embargo, también es frecuente observar que vacas en producción, con limitaciones energéticas movilizan parte de sus reservas corporales para la producción de leche.

"Hasta aquí se ha hecho referencia a las funciones de la energía y, consecuentemente, a sus requerimientos. Se reconoce que hay requerimientos de energía para mantenimiento, actividad física, crecimiento, reproducción y producción de leche.

Los requerimientos de mantenimiento son aquellos necesarios para sostener los tejidos corporales en equilibrio energético. Esto significa la cantidad de energía necesaria para compensar las pérdidas energéticas propias del metabolismo basal y la actividad normal del animal asociada con su ambiente.

"La energía requerida para el metabolismo basal es función del tamaño metabólico del animal ( $\text{Peso}^{0.75}$ ) y es constante, e igual a  $70 \text{ kcal} \times \text{peso}^{0.75}$ . Los requisitos de la actividad física son en cambio muy variables y dependen del temperamento del animal, de si éste se encuentra en estabulación o en pastoreo y, cuando es en pastoreo, los requisitos son función de la disponibilidad del forraje, la topografía del terreno, el tamaño de los potreros, las distancias a recorrer, etc. Bajo condiciones de pastoreo los requerimientos por la actividad física pueden variar del 25 al 100 por ciento de los de mantenimiento. En estabulación se considera que éstos son apenas un 10 por ciento de los de mantenimiento."

Los requerimientos de energía para el crecimiento están constituidos por la energía adicional que requiere un animal en crecimiento para la formación de nuevos tejidos. Se considera que una vaca alcanza su tamaño adulto a los cinco años de edad. Por esta razón se estima que las vacas jóvenes requieren un 20 por ciento de energía más sobre la del mantenimiento durante la primera lactancia, y un 10 por ciento de energía adicional durante la segunda lactancia.

En cuanto a los requerimientos en la gestación, se considera que en éste estado la vaca necesita energía adicional por la formación de los tejidos del feto y por el incremento que se produce en su metabolismo basal. La energía requerida para el desarrollo fetal es pequeña durante los primeros seis meses de gestación, pero luego se incrementa marcadamente en los tres últimos meses. Por esta razón, en el cálculo de requerimientos se acostumbra adicionar los requerimientos de gestación a los de mantenimiento, en los dos últimos meses de gestación.

Con referencia a los requerimientos energéticos para la producción de leche, los que son adicionales a los anteriores, se reconoce que éstos varían principalmente de acuerdo con la cantidad de leche producida y el contenido graso de la leche.

## PROTEINA

" Es conocida la capacidad que tienen los rumiantes funcionales de utilizar nitrógeno no proteico (NPN) para sintetizar proteína, gracias a la acción de los microorganismos del rumen. Es más, buena parte de la proteína distética es hidrolizada a nivel ruminal hasta NPN, para que luego éste sea utilizado en la síntesis de proteína microbiana, la cual a su vez es degradada posteriormente en el abomaso y en el intestino delgado. Por estas razones es válido hablar de los requerimientos de nitrógeno de los rumiantes. Ahora bien, en el caso de animales con altos niveles de producción de leche, o altas tasas de crecimiento, la proteína sintetizada a nivel ruminal no es suficiente para cubrir los requerimientos cualitativos del animal, y es por ello que en la actualidad se habla de las necesidades de proteína sobrepasante.

" Al igual que con la energía, en el caso de la proteína se debe reconocer la existencia de requerimientos para mantenimiento, crecimiento, reproducción y producción de leche. En cuanto a los requerimientos de mantenimiento, tanto los tejidos corporales, como las enzimas y algunas hormonas son proteínas, las cuales necesitan ser repuestas como consecuencia de su degeneración normal. Para que un animal permanezca en balance proteico, las proteínas perdidas a través de los procesos de digestión y metabolismo del alimento, en la caída del pelo y en las descamaciones de la piel tienen que ser reemplazadas. La magnitud de las pérdidas depende del tamaño del animal, del tipo y cantidad de alimento ingerido y de la calidad de la proteína.

En cuanto a los requerimiento de crecimiento, se debe recordar que en gran medida la ganancia de peso en animales jóvenes es en forma de proteína y agua en el tejido muscular y en los órganos. A medida que un animal se aproxima al tamaño adulto, la formación de tejido muscular decrece y se hace más importante la deposición de grasa. Aunque se sabe que los requerimientos de proteína para crecimiento disminuyen constantemente en la medida que el animal se aproxima a la edad adulta, se recomienda considerar las necesidades adicionales para crecimiento hasta la segunda lactancia.

Al igual que para la energía, existen también requerimientos adicionales de proteína para la formación de los tejidos fetales. En forma práctica, se recomienda suplir proteína para los requerimientos en la gestación durante los dos últimos meses, ya que en esta etapa se produce el mayor crecimiento del feto, siendo la proteína, además del agua, una buena parte de los tejidos fetales.

Con referencia a los requerimientos de proteína para la producción de leche, se considera que una ración debe contener hasta un 140 por ciento de la proteína contenida en la leche que se produce, adicionalmente a los requerimientos de mantenimiento, y a los de crecimiento y gestación. Una deficiencia de proteína en vacas lactantes resulta en una disminución en la producción de leche y puede provocar una disminución en el contenido de proteína de la leche. El contenido de proteína de la leche generalmente varía con el contenido de grasa de la misma, por lo que la cantidad de proteína requerida está en función de la cantidad de leche y del contenido de grasa.

## **MINERALES**

Hay por lo menos 15 elementos minerales que se han considerado esenciales para el ganado lechero. Pudiera haber otros que se requieren en pequeñas cantidades, pero no se ha podido probar que son esenciales, debido a que la mayoría de alimentos los contienen en cantidades suficientes.

De acuerdo a las cantidades de minerales requeridas por el animal, éstos se han clasificado en dos categorías; macro y microelementos. Los macroelementos requeridos son: calcio, fósforo, sodio, cloro, magnesio, potasio y azufre. Los microelementos requeridos por el ganado son: Hierro, cobre, molibdeno, manganeso, zinc, cobalto, yodo y selenio. Hay evidencias de que probablemente a esta lista deban añadirse el fluor y el cromo, aunque aún no se ha podido establecer que estos elementos sean esenciales.

En condiciones normales, los elementos minerales cuya suplementación debe ser considerada son: fósforo, calcio, cloro y sodio. Ahora bien, con referencia a los otros elementos, puede ser necesaria su suplementación dependiendo del área geográfica y de la información que haya disponible sobre el contenido de los mismos en suelos y pastos. En caso de que no se disponga de información respecto a la presencia de deficiencias de un elemento u otro, es conveniente el uso de sales minerales producidas comercialmente.

Las funciones de los elementos minerales en el organismo animal son diversas, pero las mismas se pueden resumir así:

1. El esqueleto y los dientes del animal están compuesto principalmente de minerales, de donde se puede derivar la importancia de suplementar los animales en crecimiento.
2. Los minerales son también constituyentes esenciales de tejidos blandos y de líquidos del cuerpo. Por ejemplo, el fósforo se encuentra presente en la proteína del núcleo celular, e igualmente en los fosfolípidos del protoplasma. La capacidad de la sangre para transportar oxígeno se debe a la hemoglobina, que es un compuesto proteico que contiene hierro. La tiroxina, hormona producida por la tiroides, y que regula el metabolismo de todas las células, contiene yodo.

3. Las células de los diversos tejidos del cuerpo derivan sus nutrientes de la linfa, estando separadas de ésta únicamente por las paredes celulares. Estas paredes son semipermeables y, por consiguiente, para mantener las condiciones normales de nutrición a nivel tisular es necesaria la existencia de diferencias en la presión osmótica entre la sangre, la linfa y el interior de la célula. Esto se logra gracias a la presencia de sales minerales contenidas en solución.
4. Ciertas reacciones químicas en el cuerpo no pueden llevarse a cabo a menos que se mantenga una concentración iónica apropiada. La habilidad disociativa de los minerales produce la concentración iónica deseada.
5. Las reacciones químicas que se llevan a cabo en el cuerpo animal producen una serie de compuestos químicos que tienden a cambiar la neutralidad del cuerpo. Esta neutralidad es mantenida a través de un ajuste delicado de los compuestos minerales en los líquidos del cuerpo.
6. En el caso de la producción de leche, el calcio es un mineral requerido por el animal, dada la cantidad que secreta con la leche. Una deficiencia de calcio se puede traducir en fiebre de leche.

## **VITAMINAS**

Bajo el término vitaminas se incluyen una serie de compuestos orgánicos, requeridos por el animal en pequeñas cantidades, pero cuya omisión o deficiencia produce una sintomatología característica que finalmente resulta en la muerte del animal. Actualmente se conocen unas 15 vitaminas cuyas funciones son muy variables y en algunos casos muy específicas. Las vitaminas se han clasificado para su estudio en dos categorías, tomando como criterio sus características de solubilidad.

### **Vitaminas hidro-solubles**

Son aquellas que se disuelven en agua y están constituidas por las vitaminas del complejo B y la vitamina C. Todas estas vitaminas son esenciales para el animal puesto que intervienen en el metabolismo intermedio del animal como coenzimas. En el caso del animal con rumen funcional no es necesario suplirlas con el alimento, pues los microorganismos del rumen pueden sintetizarlas en cantidades adecuadas, sin embargo, en el caso de terneros jóvenes cuyo rumen no es funcional, éstas deben ser suplidas.

## Vitaminas liposolubles

Son aquellas que se disuelven en grasa, y contrario a lo que sucede con las hidrosolubles, se pueden almacenar en el cuerpo del animal. Cumplen funciones esenciales en el animal y se deben suministrar con el alimento. En el caso de vacas lecheras en pastoreo, el pasto verde contiene cantidades suficientes de vitamina A (carotenos) y de vitamina E. La vitamina D es sintetizada en el cuerpo del animal gracias a la acción de los rayos ultravioleta, pudiendo presentarse deficiencias en ganado que permanece estabulado bajo techo durante mucho tiempo. En el caso de sequías prolongadas, de más de cuatro meses, se puede requerir vitamina A suplementaria, pues el contenido de carotenos del pasto es bajo y las reservas del hígado pueden agotarse. La vitamina K es sintetizada por los microorganismos del rumen.

## FORMAS DE EXPRESION DE LOS REQUERIMIENTOS

Los requerimientos generalmente se expresan como la cantidad de nutrientes requeridos por día o como un porcentaje de la dieta. Se utiliza la cantidad de nutrientes cuando a los animales se les proporciona una cantidad determinada de alimento a consumo restringido, y se usa el porcentaje cuando las raciones se ofrecen libremente (consumo ad libitum).

En cuanto a las unidades utilizadas, éstas varían en función del nutriente de que se trate. Se usan gramos en el caso de la proteína, el calcio y el fósforo; megacalorías o kilocalorías (Mcal o Kal) cuando se trata de energía; partes por millón (ppm = mg/kg) cuando se trata de microelementos, y unidades internacionales (UI) en el caso de las vitaminas A y D.

## FORMAS DE EXPRESION DE ENERGIA

Todas las ciencias poseen términos que no son de uso común más que en la misma ciencia. En este sentido, la nutrición no es una excepción, pues posee una serie de términos, que deben ser definidos para ayudar en el entendimiento de los textos, artículos científicos y demás formas de comunicación utilizados en esta ciencia. A continuación se definen algunos de los términos más comúnmente utilizados en la nutrición energética:

1. Energía bruta (EB): es la cantidad de calor, expresado en calorías, liberada cuando una sustancia, en este caso un alimento, es completamente oxidado en una bomba calorimétrica. Este valor no tiene significado nutricional, pero es necesario como punto de partida en la definición de otros términos energéticos.
2. Energía digestible (ED): es la energía bruta ingerida menos la cantidad de energía contenida en las heces (EF). La energía de las heces proviene de cuatro fuentes: a) alimentos no digeridos, b) microorganismos muertos no digeridos, c) jugos gástricos, y d) células del epitelio gastro-intestinal.

3. Energía metabolizable (EM): es la energía bruta ingerida menos la energía contenida en las heces, en gases producidos en la digestión y en la orina. Los gases de digestión están constituidos principalmente por el metano, y se producen en el rumen y en el intestino grueso.
4. Energía neta (EN): es la energía bruta menos la energía de las heces, de gases, de la orina y la gastada en producir calor durante la fermentación y el metabolismo. Esta energía neta a su vez puede ser desdoblada en energía usada para el mantenimiento ( $EN_m$ ) y usada para producción ( $EN_p$ ).
5. Nutrientes digeribles totales (NDT): es una expresión de la energía digerible, la cual se calcula con base en la sumatoria de la proteína digerible, fibra cruda digerible, extracto libre de nitrógeno digerible y 2,25 veces el extracto etéreo digerible. En términos prácticos se le considera equivalente a la digestibilidad de la materia seca (MS).

Una ilustración del fraccionamiento de la energía dietética se presenta en la Figura 1.

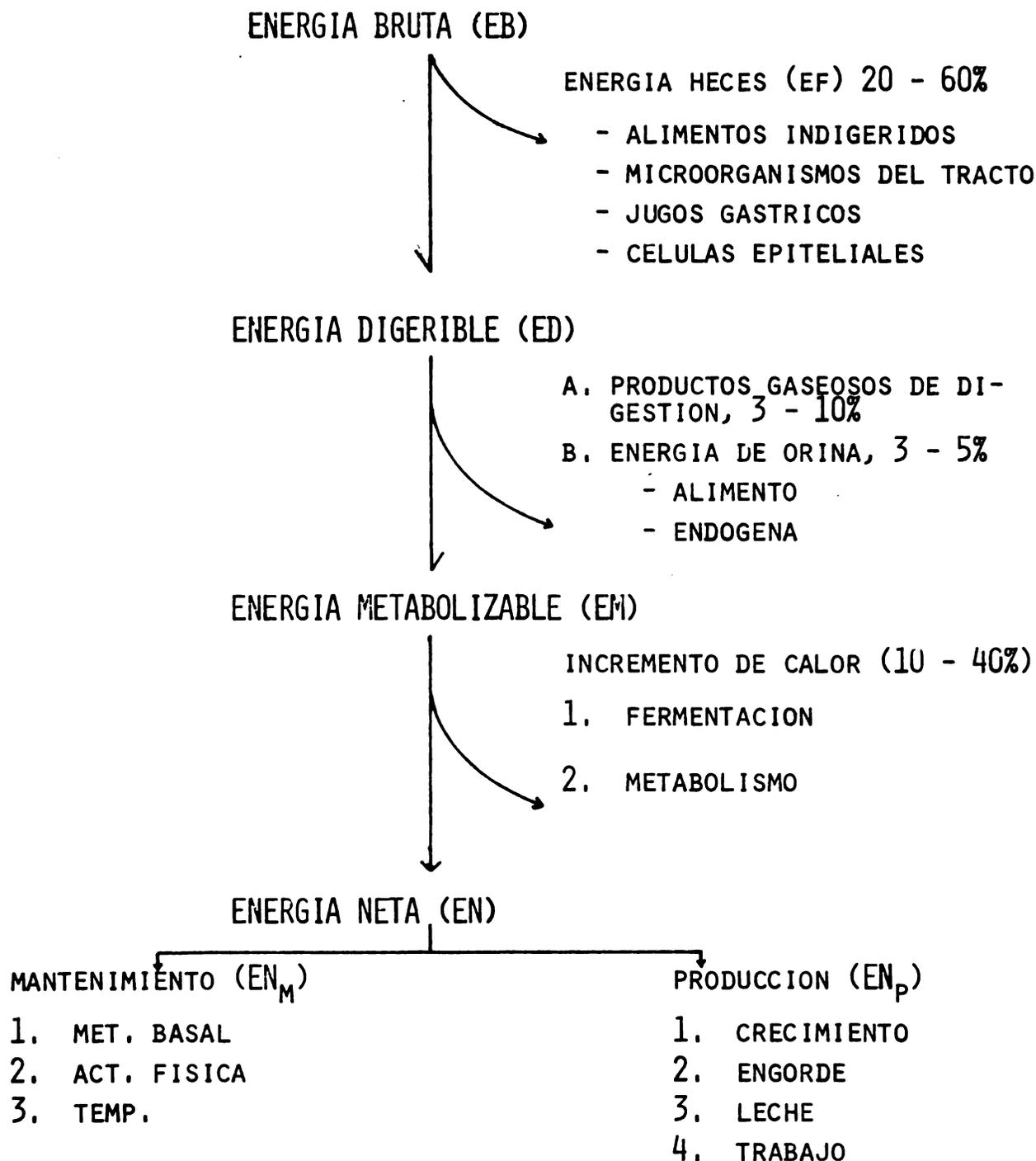
Cabe destacar que para el caso de la energía neta, ésta se fracciona en  $EN_m$  y  $EN_p$  únicamente para animales en crecimiento, mientras que en el caso de vacas lactantes la energía neta se considera como un todo que se denomina energía neta para vacas lactantes ( $EN_{vl}$ ).

#### **TABLAS DE REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES Y DE COMPOSICION DE ALIMENTOS**

Los factores que afectan los requisitos nutricionales del animal son múltiples, por lo que para facilidad de los usuarios se han desarrollado tablas que incluyen estimaciones de los requisitos del animal para diferentes estados fisiológicos y funciones. Entre las más conocidas se encuentran las tablas del NRC (1978) publicadas por el Consejo Nacional de Investigaciones de los E.E.U.U., y las tablas del ARC (1968) publicadas por el Consejo de Investigaciones Agrícolas de la Gran Bretaña. Debe indicarse que estas tablas presentan únicamente estimaciones obtenidas a partir de varios trabajos de investigación y, como tal, no deben tomarse como valores exactos y definitivos. Por otro lado, se debe considerar que dichos valores han sido estimados para condiciones ecológicas muy distintas a las del trópico. En fin, estas estimaciones deben tomarse como meras guías para nuestro trabajo en el trópico, y no sorprendernos cuando en el campo no encontramos lo que las tablas predicen.

Así como se dispone de información sobre los requerimientos nutricionales del animal, también se cuenta con información referente al valor nutritivo de los alimentos usando las mismas formas de expresión. Existen tablas de composición de alimentos para América Latina (1974) las que contienen incluso datos de energía neta para diferentes insumos de uso corriente en la región. Cabe aclarar, sin embargo, que no es que se hayan hecho necesariamente las determinaciones, sino que los valores han sido estimados

FIGURA 1. FORMA DE EXPRESION DE LA ENERGIA.



a partir de datos de composición química, digestibilidad, energía digestible (NDT) o, en el mejor de los casos, de energía metabolizable. Las ecuaciones usadas para propósito de transformación de datos son las que se presentan a continuación. Las mismas han sido tomadas de las tablas de composición de alimentos (1974).

$$\text{NDT} = \text{PCD} + \text{ELND} + \text{FCD} + 2,25 \text{ EED} \approx \text{Digestibilidad}$$

$$\text{ED} = \frac{\% \text{NDT}}{100} \times 4.409$$

$$\text{EM} = \text{ED} \times 0.82$$

$$\text{Log F} = 2.2577 - 0.2213 \text{ EM}$$

$$\text{EN}_m = \frac{77}{F^{**}}$$

$$\text{EN}_g = 2.54 - 0.03114F$$

$$\text{EN}_{v1} = 0.84 \text{ ED} - 0.77$$

donde: Todas las expresiones de energía están en Mcal/kg.

\*\* F = gramos de materia seca por unidad de peso elevada a la potencia 0.75 ( $P^{0.75}$ ) requeridos para el mantenimiento del equilibrio energético.

#### USO DE LAS TABLAS DE REQUERIMIENTOS

Las tablas de requerimientos son básicamente cuadros de doble o triple entrada, los que en la parte superior tienen listadas algunas características que definen el tipo de animal y condición para la cual aplican los requerimientos (peso, ganancia esperada); así mismo, hay información de referencia (edad y consumo de alimentos). Todo esto cuando se trata de animales en crecimiento. De acuerdo con este tipo de arreglo, en las columnas aparecen los requerimientos de un nutriente en particular, para diferentes categorías de animales; mientras que en las hileras aparecen las cantidades requeridas de diversos nutrientes para una categoría dada de animal.

En el caso de las tablas de requerimientos del NRC (1978) para vacas lactantes se presenta básicamente tres cuadros, uno para requisitos de mantenimiento, otro para los requisitos de mantenimiento y preñez y, por último, otro con los requisitos para producir leche con diferentes tenores de grasa.

La utilización de las tablas es relativamente sencilla si el requerimiento buscado está directamente presente en la tabla. Por ejemplo, los requerimientos de energía neta para mantenimiento (EN) de una novilla de 200 kilos de peso que gana 0,70 kg/día es de 4,1 Mcal<sup>m</sup>/día (Cuadro 1 de las tablas de requisitos del NRC). Para una novilla de 400 kilos de peso, que gana 0.80 kg/día, sus requerimientos de proteína total son de 856 g/día (Cuadro 1 de las tablas). Para una vaca adulta, con 450 kilos de peso y en el último tercio de preñez sus requerimientos de energía metabolizable para mantenimiento son de 16,9 Mcal/día (Cuadro 2 de las tablas).

La estimación de los requerimientos se complica cuando el valor buscado no se encuentra directamente en la tabla, como sería el caso que la misma vaca preñada del ejemplo anterior pesara 475 kilos, en lugar de los 450 kilos señalados anteriormente. En un caso como éste, se tiene que hacer una interpolación, suponiendo que en un rango tan pequeño como 50 kilos (entre 450 y 500 kilos), el incremento en los requerimientos es lineal.

El procedimiento del cálculo en estos casos es el siguiente:

- a) En el Cuadro 2 se busca la categoría "vaca adulta, preñada, último tercio de gestación. Dentro de ésta se buscan los requerimientos para los pesos más cercanos; así, en el caso del ejemplo serán 450 y 500 kilos.
- b) Para cada uno de estos pesos se buscan los requerimientos correspondientes.

<u>PESO</u>	Requerimiento EM, Mcal/día
450	16,90
500	18,29

- c) Se calculan las diferencias entre los valores tabulares, los cuales serán:

$$\underline{\text{Peso}} \quad 500 - 450 = 50$$

$$\underline{\text{EM}} \quad 18,29 - 16,9 = 1,39$$

- d) Con esta información se aplica una regla de tres, en la que se indica:  
Si para 50 kg se requieren 1,39 Mcal EM, para 25 kg (475- 450) se requerirán:

$$\frac{0,6 \times 25}{50} = 0,7 \text{ Mcal EM}$$

- e) El valor encontrado en la regla de tres se adiciona al requerimiento correspondiente al peso inmediato inferior,

$$16,9 + 0,7 = 17,6 \text{ Mcal EM}$$

De esta manera se ha estimado el requerimiento de EM para una vaca adulta de 475 kilos de peso, la cual se encuentra en el último tercio de la preñez.

De manera similar se pueden estimar los requerimientos de cualquier categoría de animal y para cualquier nutriente, cuando el valor no puede ser encontrado directamente en las tablas.

Cuadro 1. Requisitos diarios de nutrientes para ganado lechero.

Peso vivo (kg)	Tamaño de la raza, edad (sem.)	Ganancia diaria (g)	MS Alimento (kg)	ENERGIA ALIMENTARIA					Proteína cruda total (g)	Minerales		Vitaminas	
				EN <sub>m</sub> (Mcal)	EN <sub>g</sub> (Mcal)	EN <sub>v</sub> (Mcal)	ED (Mcal)	NDT (kg)		Ca (g)	P (g)	A (1000 UI)	D (UI)
<b>TERNERAS Y TERNEROS EN CRECIMIENTO ALIMENTADOS SOLO CON LECHE</b>													
25	P-1	300	0.45	0.85	0.53	2.14	2.38	0.54	111	6	4	1.1	165
30	D-3	350	0.52	0.95	0.63	2.49	2.77	0.63	128	7	4	1.3	200
42	G-1	400	0.63	1.25	0.70	2.98	3.31	0.75	148	8	5	1.8	280
80	G-3	500	0.76	1.40	0.90	3.61	4.01	0.91	180	9	6	2.1	330
<b>TERNERAS Y TERNEROS EN CRECIMIENTO ALIMENTADOS CON RACIONES MIXTAS</b>													
50		300	1.31	1.4	0.57	3.91	4.45	1.01	150	9	6	2.1	330
50	P-10	400	1.40	1.45	0.76	4.36	4.94	1.12	176	9	6	2.1	330
50	G-3	500	1.45	1.45	0.96	4.82	5.42	1.23	198	10	6	2.1	330
50		600	1.45	1.45	1.16	5.01	5.69	1.29	221	11	7	2.1	330
50		700	1.45	1.45	1.35	5.36	5.95	1.35	243	12	7	2.1	330
75		300	2.10	1.96	0.58	5.17	6.05	1.37	232	11	7	3.2	495
75		400	2.10	1.96	0.77	5.56	6.53	1.46	254	12	7	3.2	495
75	P-19	500	2.10	1.96	0.98	5.96	6.94	1.55	275	13	7	3.2	495
75		600	2.10	1.96	1.17	6.36	7.31	1.64	296	14	8	3.2	495
75	G-10	700	2.10	1.96	1.37	6.71	7.67	1.72	318	15	8	3.2	495
75		800	2.10	1.96	1.56	7.08	7.94	1.80	341	16	8	3.2	495
<b>NOVILLAS EN CRECIMIENTO</b>													
100		300	2.80	2.43	0.60	6.27	7.45	1.69	317	14	7	4.2	660
100		400	2.80	2.43	0.84	6.78	7.96	1.81	336	15	8	4.2	660
100	P-26	500	2.80	2.43	1.05	7.17	8.35	1.89	360	16	8	4.2	660
100		600	2.80	2.43	1.26	7.64	8.81	2.00	380	17	9	4.2	660
100	G-16	700	2.80	2.43	1.47	8.09	9.26	2.10	402	18	9	4.2	660
100		800	2.80	2.43	1.68	8.47	9.63	2.18	426	19	10	4.2	660
150		300	4.00	3.30	0.72	8.44	10.14	2.30	433	16	10	6.4	990
150		400	4.00	3.30	0.96	8.90	10.59	2.40	455	17	11	6.4	990
150	P-40	500	4.00	3.30	1.20	9.42	11.11	2.52	474	17	11	6.4	990
150		600	4.00	3.30	1.44	9.97	11.65	2.64	491	18	11	6.4	990
150	G-26	700	4.00	3.30	1.68	10.49	12.17	2.76	510	19	12	6.4	990
150		800	4.00	3.30	1.92	11.03	12.70	2.88	528	20	12	6.4	990
200		300	5.00	4.10	0.84	10.44	12.57	2.85	533	18	12	8.5	1320
200		400	5.20	4.10	1.12	11.20	13.41	3.04	571	19	13	8.5	1320
200	P-54	500	5.20	4.10	1.40	11.86	14.06	3.19	586	20	13	8.5	1320
200		600	5.20	4.10	1.68	12.39	14.59	3.31	604	21	14	8.5	1320
200	G-36	700	5.20	4.10	1.96	13.01	15.20	3.45	620	21	14	8.5	1320
200		800	5.20	4.10	2.24	13.52	15.70	3.56	640	22	15	8.5	1320
250		300	5.89	4.84	0.93	12.05	14.55	3.30	610	20	15	10.6	1650
250		400	6.30	4.84	1.24	13.15	15.83	3.59	665	21	15	10.6	1650
250	P-69	500	6.30	4.84	1.55	13.81	16.49	3.74	678	22	16	10.6	1650
250		600	6.30	4.84	1.86	14.57	17.24	3.91	689	22	16	10.6	1650
250	G-47	700	6.30	4.84	2.17	15.20	17.86	4.05	704	23	17	10.6	1650
250		800	6.30	4.84	2.48	15.82	18.47	4.19	719	23	17	10.6	1650
300		300	6.67	5.55	1.02	13.64	16.47	3.74	671	20	15	12.7	1980
300		400	7.00	5.55	1.36	14.80	17.77	4.03	713	22	17	12.7	1980
300	P-83	500	7.20	5.55	1.70	15.69	18.74	4.25	746	23	17	12.7	1980
300		600	7.20	5.55	2.04	16.49	19.53	4.43	755	23	17	12.7	1980
300	G-57	700	7.20	5.55	2.38	17.07	20.11	4.56	771	24	18	12.7	1980
300		800	7.20	5.55	2.72	17.83	20.86	4.73	782	24	18	12.7	1980
350		300	7.23	6.24	1.08	15.27	18.34	4.16	701	22	16	14.8	2310
350	P-97	400	7.42	6.24	1.44	15.99	19.14	4.34	738	23	17	14.8	2310
350		500	8.00	6.24	1.80	17.42	20.81	4.72	804	25	18	14.8	2310
350		600	8.00	6.24	2.16	18.21	21.60	4.90	812	25	19	14.8	2310
350	G-67	700	8.00	6.24	2.52	18.88	22.26	5.05	826	25	19	14.8	2310
350		800	8.00	6.24	2.88	19.56	22.93	5.20	841	26	19	14.8	2310

Cuadro 1. Requisitos diarios de nutrientes para ganado lechero-Continuación

Peso vivo (kg)	Tamaño de la raza, edad (sem.)	Ganancia diaria (g)	MS Alimento (kg)	ENERGIA ALIMENTARIA					Proteína cruda total (g)	Minerales		Vitaminas	
				ENm (Mcal)	ENg (Mcal)	EM (Mcal)	ED (Mcal)	NDT (kg)		Ca (g)	P (g)	A (1000 UI)	D (UI)
400	P-115	200	7.26	6.89	0.76	14.85	17.94	4.07	692	21	16	17.0	2640
400		400	8.50	6.89	1.52	17.76	21.38	4.85	833	24	19	17.0	2640
400		600	8.60	6.89	2.28	19.61	23.24	5.27	856	25	20	17.0	2640
400	G-77	700	8.60	6.89	2.66	20.40	24.03	5.45	864	25	20	17.0	2640
400		800	8.60	6.89	3.04	21.11	24.73	5.61	876	26	21	17.0	2640
450		200	7.87	7.52	0.80	16.09	19.44	4.41	749	23	18	19.1	2970
450		400	9.00	7.52	1.60	19.02	22.84	5.18	867	26	20	19.1	2970
450		600	9.10	7.52	2.40	21.03	24.87	5.64	883	27	21	19.1	2970
450	G-87	700	9.10	7.52	2.80	21.82	25.66	5.82	892	27	21	19.1	2970
450		800	9.10	7.52	3.20	22.67	26.50	6.01	898	28	21	19.1	2970
500		200	8.46	8.14	0.84	17.30	20.90	4.74	788	24	19	21.2	3300
500		400	9.50	8.14	1.68	20.26	24.29	5.51	900	27	21	21.2	3300
500	G-98	600	9.50	8.14	2.52	22.26	26.28	5.96	903	27	21	21.2	3300
500		800	9.50	8.14	3.36	24.00	28.00	6.35	916	28	21	21.2	3300
550		200	9.05	8.75	0.88	18.50	22.34	5.07	835	25	19	23.3	3630
550	G-109	400	9.80	8.75	1.76	21.33	25.48	5.78	913	27	20	23.3	3630
550		600	9.80	8.75	2.64	23.38	27.51	6.24	914	27	20	23.3	3630
550		800	9.80	8.75	3.52	25.08	29.19	6.62	928	28	21	23.3	3630
600	G-127	200	9.58	9.33	0.90	19.60	23.68	5.37	879	25	18	25.4	3960
600		300	9.72	9.33	1.35	20.78	24.87	5.64	895	25	18	25.4	3960
600		400	10.00	9.33	1.80	22.22	26.45	6.00	918	26	19	25.4	3960
600		500	10.00	9.33	2.25	23.34	27.56	6.25	916	26	19	25.4	3960
<b>TORÉTES EN CRECIMIENTO</b>													
100		500	2.80	2.43	1.05	7.17	8.35	1.89	361	16	8	4.2	660
100	P-26	600	2.80	2.43	1.26	7.64	8.81	2.00	381	17	9	4.2	660
100		700	2.80	2.43	1.47	8.09	9.26	2.10	403	18	9	4.2	660
100	G-15	800	2.80	2.43	1.68	8.47	9.63	2.18	427	19	10	4.2	660
100		900	2.80	2.43	1.89	8.84	10.00	2.27	450	20	10	4.2	660
150		500	4.00	3.30	1.15	9.42	11.11	2.52	476	18	11	6.4	990
150		600	4.00	3.30	1.38	9.91	11.59	2.63	497	19	11	6.4	990
150	P-38	700	4.00	3.30	1.61	10.30	11.98	2.72	520	20	12	6.4	990
150		800	4.00	3.30	1.84	10.84	12.52	2.84	539	21	12	6.4	990
150		900	4.00	3.30	2.07	11.47	13.14	2.98	555	21	13	6.4	990
150	G-24	1000	4.00	3.30	2.30	11.73	13.40	3.04	583	22	13	6.4	990
200		500	5.20	4.10	1.25	11.46	13.66	3.10	602	20	13	8.5	1320
200		600	5.20	4.10	1.50	12.01	14.21	3.22	622	21	14	8.5	1320
200	P-48	700	5.20	4.10	1.75	12.59	14.78	3.35	640	21	14	8.5	1320
200		800	5.20	4.10	2.00	13.07	15.26	3.46	660	22	15	8.5	1320
200		900	5.20	4.10	2.25	13.52	15.70	3.56	688	23	16	8.5	1320
200	G-31	1000	5.20	4.10	2.50	14.05	16.23	3.68	702	23	16	8.5	1320
250		500	6.30	4.84	1.35	13.44	16.11	3.65	684	22	16	10.6	1650
250		600	6.30	4.84	1.62	14.00	16.67	3.78	702	23	16	10.6	1650
250	P-58	700	6.30	4.84	1.89	14.62	17.28	3.92	718	23	17	10.6	1650
250		800	6.30	4.84	2.16	15.20	17.86	4.05	736	24	17	10.6	1650
250		900	6.30	4.84	2.43	15.78	18.43	4.18	753	25	17	10.6	1650
250	G-38	1000	6.30	4.84	2.70	16.13	18.78	4.26	778	25	18	10.6	1650
300		500	7.33	5.69	1.48	15.45	18.56	4.21	777	24	18	12.7	1980
300		600	7.40	5.69	1.77	16.13	19.27	4.37	800	25	19	12.7	1980
300	P-68	700	7.40	5.69	2.07	16.89	20.02	4.54	811	26	19	12.7	1980
300		800	7.40	5.69	2.36	17.51	20.63	4.68	827	26	19	12.7	1980
300		900	7.40	5.69	2.66	18.09	21.21	4.81	845	27	19	12.7	1980
300	G-45	1000	7.40	5.69	2.95	18.67	21.78	4.94	862	27	20	12.7	1980
350		500	8.10	6.54	1.60	17.27	20.71	4.70	828	25	19	14.8	2310
350		600	8.30	6.54	1.92	18.13	21.65	4.91	863	26	20	14.8	2310
350	P-79	700	8.30	6.54	2.24	18.93	22.44	5.09	873	27	20	14.8	2310
350		800	8.30	6.54	2.56	19.60	23.10	5.24	887	27	20	14.8	2310

Cuadro 1. Requisitos diarios de nutrientes para ganado lechero -Continuación

Peso vivo (kg)	Tamaño de la raza, edad (sem.)	Ganancia diaria (g)	MS Alimento (kg)	ENERGIA ALIMENTARIA					Proteína cruda total (g)	Minerales		Vitaminas	
				ENm (Mcal)	ENg (Mcal)	EM (Mcal)	ED (Mcal)	NDT (kg)		Ca (g)	P (g)	A (1000 UI)	D (UI)
350		900	8.30	6.54	2.88	20.22	23.72	5.38	903	28	20	14.8	2310
350	G-52	1000	8.30	6.54	3.20	20.89	24.38	5.53	917	28	21	14.8	2310
400		500	9.00	7.41	1.75	19.24	23.06	5.23	891	27	21	17.0	2640
400		600	9.00	7.41	2.10	20.00	23.81	5.40	902	27	21	17.0	2640
400	P-89	700	9.00	7.41	2.45	20.84	24.64	5.59	910	28	22	17.0	2640
400		800	9.00	7.41	2.80	21.60	25.40	5.76	921	28	22	17.0	2640
400		900	9.00	7.41	3.15	22.36	26.15	5.93	932	28	22	17.0	2640
400	G-60	1000	9.00	7.41	3.50	22.93	26.72	6.06	947	29	23	17.0	2640
450		200	8.41	8.27	0.76	17.20	20.77	4.71	762	23	19	19.1	2970
450		400	9.33	8.27	1.52	19.90	23.86	5.41	868	27	21	19.1	2970
450	P-90	600	9.50	8.27	2.28	21.83	25.84	5.86	898	28	22	19.1	2970
450		800	9.50	8.27	3.04	23.52	27.52	6.24	914	28	22	19.1	2970
450	G-67	1000	9.50	8.27	3.80	25.08	29.07	6.59	934	29	23	19.1	2970
500		100	8.26	8.95	0.40	16.90	20.41	4.63	740	22	18	21.2	3300
500		300	9.30	8.95	1.20	19.83	23.77	5.39	855	25	21	21.2	3300
500	P-111	500	10.00	8.95	2.00	22.22	26.45	6.00	941	28	23	21.2	3300
500		700	10.00	8.95	2.80	23.60	27.82	6.31	967	29	23	21.2	3300
500	G-74	900	10.00	8.95	3.60	25.56	29.76	6.75	973	29	23	21.2	3300
550		100	8.86	9.62	0.42	18.11	21.87	4.96	789	24	18	23.3	3630
550	P-125	300	10.20	9.62	1.25	21.29	25.62	5.81	935	28	22	23.3	3630
550		500	10.50	9.62	2.08	23.56	28.00	6.35	967	29	22	23.3	3630
550	G-82	700	10.50	9.62	2.91	25.51	29.94	6.79	976	29	22	23.3	3630
550		900	10.50	9.62	3.74	27.16	31.57	7.16	994	30	23	23.3	3630
600	P-149	100	9.42	10.27	0.43	19.27	23.28	5.28	833	25	19	25.4	3960
600		300	10.52	10.27	1.29	22.44	26.90	6.10	947	28	22	25.4	3960
600		500	10.80	10.27	2.15	24.72	29.28	6.64	980	29	23	25.4	3960
600	G-92	700	10.80	10.27	3.01	26.58	31.13	7.06	988	29	23	25.4	3960
650		100	9.96	10.90	0.44	20.37	24.60	5.58	875	26	20	27.6	4290
650		300	10.69	10.90	1.32	23.29	27.82	6.31	947	28	22	27.6	4290
650	G-102	500	11.10	10.90	2.20	25.75	30.44	6.90	992	29	23	27.6	4290
650		700	11.10	10.90	3.08	27.78	32.45	7.36	995	29	23	27.6	4290
700		100	10.51	11.53	0.45	21.50	25.97	5.89	918	27	21	29.7	4620
700		300	11.40	11.53	1.35	24.61	29.45	6.68	1005	29	23	29.7	4620
700	G-117	500	11.40	11.53	2.25	26.94	31.75	7.20	998	30	23	29.7	4620
700		700	11.40	11.53	3.15	28.99	33.78	7.66	1001	30	23	29.7	4620
750		100	11.02	12.14	0.45	22.53	27.21	6.17	960	28	22	31.8	4950
750	G-131	300	11.70	12.14	1.35	25.48	30.44	6.90	1024	30	23	31.8	4950
750		500	11.70	12.14	2.25	27.86	32.80	7.44	1014	30	23	31.8	4950
800		100	11.52	12.74	0.45	23.55	28.44	6.45	999	29	23	33.9	5280
800		300	12.00	12.74	1.35	26.35	31.44	7.13	1040	30	23	33.9	5280
800		500	12.00	12.74	2.25	28.62	33.68	7.64	1035	30	23	33.9	5280

**TERNEROS TIPO "VEAL" ALIMENTADOS CON SOLO LECHE**

35	—	500	0.67	0.98	0.90	3.17	3.52	0.80	173	7	4	1.5	231
45	G-1.0	800	1.06	1.36	1.52	5.04	5.60	1.27	259	8	5	1.9	297
55	G-2.8	900	1.20	1.55	1.73	5.74	6.38	1.45	292	11	7	2.3	363
65	G-4.4	1000	1.36	1.76	1.95	6.48	7.20	1.63	324	13	8	2.8	429
75	G-5.8	1050	1.48	1.96	2.10	7.05	7.83	1.78	334	15	9	3.2	495
100	G-9.2	1100	1.69	2.43	2.31	8.05	8.94	2.03	357	17	10	4.2	660
125	G-12.4	1200	1.95	2.88	2.64	9.30	10.33	2.34	392	19	11	5.3	825
150	G-15.4	1300	2.22	3.30	2.99	10.58	11.75	2.66	428	20	12	6.4	990

**MANTENIMIENTO DE TOROS ADULTOS EN SERVICIO**

500	—	—	7.80	9.36	—	15.95	19.27	4.37	673	20	15	21	—
600	—	—	8.95	10.74	—	18.29	22.09	5.01	766	23	17	25	—
700	—	—	10.04	12.05	—	20.52	24.78	5.62	852	26	19	30	—
800	—	—	11.10	13.32	—	22.52	27.20	6.17	942	29	21	34	—
900	—	—	12.13	14.55	—	24.79	29.94	6.79	1017	31	23	38	—
1000	—	—	13.12	15.75	—	26.83	32.41	7.35	1093	34	25	42	—

Cuadro 1. Requisitos diarios de nutrientes para ganado lechero-Continuación

Peso vivo (kg)	Tamaño de la raza, edad (sem.)	Ganancia diaria (g)	MS Alimento (kg)	ENERGIA ALIMENTARIA					Minerales		Vitaminas		
				ENm (Mcal)	ENg (Mcal)	EM (Mcal)	ED (Mcal)	NDT (kg)	Proteína cruda total (g)	Ca (g)	P (g)	A (1000 UI)	D (U <sup>11</sup> )
1100	—	—	14.10	16.91	—	28.84	34.83	7.90	1169	36	27	47	—
1200	—	—	15.05	18.05	—	30.77	37.17	8.43	1244	39	29	51	—
1300	—	—	15.98	19.17	—	32.67	39.46	8.95	1316	41	31	55	—
1400	—	—	16.88	20.27	—	34.49	41.66	9.45	1386	43	33	59	—

<sup>a</sup>Tamaño de la raza P es raza pequeña (ej. Jersey), G es raza grande (ej. Holstein)

<sup>b</sup>La edad en semanas indica la edad probable de animales P ó G cuando ellos alcanzan el peso indicado.

Cuadro 2. Requisitos diarios de nutrientes para vacas lactantes y gestantes.

Peso vivo (kg)	ENERGIA ALIMENTARIA				Proteína cruda total (g)	Calcio (g)	Fósforo (g)	Vitamina A (1.000 UI)
	EN <sub>e</sub> (Mcal)	EM (Mcal)	ED (Mcal)	NDT (kg)				
<b>MANTENIMIENTO DE VACAS ADULTAS LACTANTES<sup>a</sup></b>								
350	6.47	10.76	12.54	2.85	341	14	11	27
400	7.16	11.90	13.86	3.15	373	15	13	30
450	7.82	12.99	15.14	3.44	403	17	14	34
500	8.46	14.06	16.39	3.72	432	18	15	38
550	9.09	15.11	17.60	4.00	461	20	16	42
600	9.70	16.12	18.79	4.27	489	21	17	46
650	10.30	17.12	19.95	4.53	515	22	18	50
700	10.89	18.10	21.09	4.79	542	24	19	53
750	11.47	19.06	22.21	5.04	567	25	20	57
800	12.03	20.01	23.32	5.29	592	27	21	61
<b>MANTENIMIENTO MAS ULTIMOS DOS MESES DE GESTACION DE VACAS ADULTAS SECAS</b>								
350	8.42	14.00	16.26	3.71	642	23	16	27
400	9.30	15.47	17.98	4.10	702	26	18	30
450	10.16	16.90	19.64	4.47	763	29	20	34
500	11.00	18.29	21.25	4.84	821	31	22	38
550	11.81	19.65	22.83	5.20	877	34	24	42
600	12.61	20.97	24.37	5.55	931	37	26	46
650	13.39	22.27	25.87	5.90	984	39	28	50
700	14.15	23.54	27.35	6.23	1035	42	30	53
750	14.90	24.79	28.81	6.56	1086	45	32	57
800	15.64	26.02	30.24	6.89	1136	47	34	61

PRODUCCION DE LECHE-NUTRIENTES POR kg DE LECHE CON DIFERENTES PORCENTAJES DE LECHE (% Fat)

2.5	0.59	0.99	1.15	0.260	72	2.40	1.65
3.0	0.64	1.07	1.24	0.282	77	2.50	1.70
3.5	0.69	1.16	1.34	0.304	82	2.60	1.75
4.0	0.74	1.24	1.44	0.326	87	2.70	1.80
4.5	0.78	1.31	1.52	0.344	92	2.80	1.85
5.0	0.83	1.39	1.61	0.365	98	2.90	1.90
5.5	0.88	1.48	1.71	0.387	103	3.00	2.00
6.0	0.93	1.56	1.81	0.410	108	3.10	2.05

CAMBIO DE PESO VIVO DURANTE LA LACTANCIA-NUTRIENTES POR kg DE CAMBIO DE PESO

Pérdida de peso	-4.92	-8.25	-9.55	-2.17	-320
Ganancia de peso	5.12	8.55	9.96	2.26	500

<sup>a</sup>Para tomar en cuenta el crecimiento de vacas jóvenes lactantes, aumente en un 20 o/o los requisitos de mantenimiento para todos los nutrientes, excepto vitamina A, durante la primera lactancia. Para la segunda lactancia el ajuste es de 10 o/o.

Cuadro 3. Recomendaciones de contenidos de nutrientes en raciones para ganado lechero

Nutrientes (concentración en la MS del alimento)	Raciones de vacas lactantes					RACIONES PARA GANADO NO LACTANTE					Concentra- ciones máximas (todas las clases)
	Peso de la vaca (kg)	Producciones de leche (kg)				Vacas gestantes seces	Toros adultos <sup>a</sup>	Novillas y toretas en creci- miento	Iniciador de terneros	Sustituto de leche	
		< 400	< 8	8-13	13-18						
	500	< 11	11-17	17-23	> 23						
	600	< 14	14-21	21-29	> 29						
	≥ 700	< 18	18-26	26-35	> 35						
Ration No.		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Max.
Proteína cruda, o/o		13.0	14.0	15.0	16.0	11.0	8.5	12.0	16.0	22.0	—
Energía											
ENb, Mcal/kg		1.42	1.52	1.62	1.72	1.35	—	—	—	—	—
ENm, Mcal/kg		—	—	—	—	—	1.20	1.26	1.90	2.40	—
ENg, Mcal/kg		—	—	—	—	—	—	0.60	1.20	1.55	—
EM, Mcal/kg		2.36	2.53	2.71	2.89	2.23	2.04	2.23	3.12	3.78	—
ED, Mcal/kg		2.78	2.95	3.13	3.31	2.65	2.47	2.65	3.53	4.19	—
NDT, o/o		63	67	71	75	60	56	60	80	95	—
Fibra cruda, o/o		17	17	17	17 <sup>a</sup>	17	15	15	—	—	—
Fibra detergente ácido, o/o		21	21	21	21	21	19	19	—	—	—
Extracto etéreo, o/o		2	2	2	2	2	2	2	2	10	—
Minerales <sup>b</sup>											
Calcio, o/o		0.43	0.48	0.54	0.60	0.37	0.24	0.40	0.60	0.70	—
Fósforo, o/o		0.31	0.34	0.38	0.40	0.26	0.18	0.26	0.42	0.50	—
Magnesio, o/o		0.20	0.20	0.20	0.20	0.16	0.16	0.16	0.07	0.07	—
Potasio, o/o		0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	—
Sodio, o/o		0.18	0.18	0.18	0.18	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	—
Cloruro de sodio, o/o <sup>d</sup>		0.46	0.46	0.46	0.46	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	5
Azufre, o/o <sup>d</sup>		0.20	0.20	0.20	0.20	0.17	0.11	0.16	0.21	0.29	0.35
Hierro ppm <sup>d,e</sup>		50	50	50	50	50	50	50	100	100	1,000
Cobalto, ppm		0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	10
Cobre, ppm <sup>d,f</sup>		10	10	10	10	10	10	10	10	10	80
Manganeso, ppm <sup>d</sup>		40	40	40	40	40	40	40	40	40	1,000
Zinc, ppm <sup>d,g</sup>		40	40	40	40	40	40	40	40	40	500
Yodo, ppm <sup>h</sup>		0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.25	0.25	0.25	0.25	50
Molibdeno, ppm <sup>i,j</sup>		—	—	—	—	—	—	—	—	—	6
Selenio, ppm		0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	5
Fluor, ppm <sup>k</sup>		—	—	—	—	—	—	—	—	—	30
Vitaminas <sup>k</sup>											
Vitam. A, UI/kg		3,200	3,200	3,200	3,200	3,200	3,200	2,200	2,200	3,800	—
Vitam. D, UI/kg		300	300	300	300	300	300	300	300	600	—
Vitam. E, ppm		—	—	—	—	—	—	—	—	300	—

<sup>a</sup> Es difícil formular raciones altamente energéticas, con un mínimo de 17 o/o de fibra cruda. Sin embargo, puede ocurrir una depresión en el porcentaje de grasa cuando se alimentan vacas con raciones con menos de 17 o/o de fibra cruda o 21 o/o de FDA.

<sup>b</sup> Los valores de minerales que se presentan en este cuadro sólo deben tomarse como guías para la formulación profesional de raciones. Debido a que hay muchos factores que afectan estos valores, ellos no deben considerarse como bases legales o regulatorias.

<sup>c</sup> En condiciones conducentes a la tetania del pasto (véase el texto), debería aumentarse a 0.27 o más.

<sup>d</sup> Los niveles máximos de seguridad para muchos minerales no se han definido claramente; las estimaciones que se dan aquí, especialmente para el azufre, cloruro de sodio, hierro, cobre, zinc y manganeso, se basan en datos muy escasos; los niveles inocuos pueden verse afectados sustancialmente por condiciones específicas de alimentación.

<sup>e</sup> El máximo nivel inocuo de hierro suplementario, en algunas formas, es menor que 1000 ppm. En el caso de sulfato ferroso, niveles de sólo 400 ppm han causado reducciones en ganancias de peso (Standish et al., 1969).

<sup>f</sup> Un alto nivel de cobre puede aumentar la susceptibilidad de la leche a adquirir un sabor oxidado (véase el texto).

<sup>g</sup> El nivel máximo inocuo de zinc para ganado lechero adulto es de 1000 ppm.

<sup>h</sup> Si la ración llega a contener 25 o/o de un alimento fuertemente biogénico, en base seca, se debe aumentar dos ó más veces el nivel de yodo.

<sup>i</sup> Si la ración contiene suficiente cobre, el ganado lechero puede tolerar mucho más que 6 ppm de molibdeno (véase el texto).

<sup>j</sup> El máximo nivel inocuo de fluor para novillas y toretas en crecimiento es menor que para otros animales lecheros. Se pueden tolerar niveles relativamente más altos cuando el fluor proviene de fuentes de poca disponibilidad de este elemento tal como son los fosfatos (véase el texto). Los requisitos mínimos de molibdeno y fluor no se han establecido aún.

<sup>k</sup> Se sugieren las siguientes cantidades mínimas de vitaminas del complejo B por unidad de sustituto de leche: Niacina, 2.6 ppm; ácido pantoténico, 13 ppm; riboflavin, 6.5 ppm; piridoxina, 6.5 ppm; tiamina, 6.5 ppm; ácido fólico, 0.5 ppm; 0.1 ppm; vitamina B12, 0.07 ppm; colina, 0.26 por ciento. Aparentemente, el ternero con nimen funcional (unas 6 semanas de edad) ya adquieren cantidades adecuadas de estas vitaminas mediante una combinación de síntesis ruminal y los aportes de los

**BALANCE DE RACIONES**

**Arnoldo Ruiz, Mag. Sc.**  
**Danilo Pezo, Mag. Sc.**

## **BALANCEO DE RACIONES**

**Arnoldo Ruiz, Mag. Sc.**  
**Danilo Pezo, Mag. Sc.**

Al hablar de la alimentación de animales es común encontrar confusión en cuanto al uso de los términos ración y dieta. Con el fin de uniformizar la terminología a continuación se procede a definir cada uno de estos términos.

### **Ración**

Una ración es la cantidad de alimento suministrada al animal durante un día, ya sea de una sola vez o en varias porciones. El término no implica que la cantidad ofrecida sea suficiente para llenar los requisitos nutricionales del animal.

### **Dieta**

La dieta del animal está definida por el conjunto de alimentos que normalmente consume el animal, sin que involucre la cantidad que recibe.

### **Ración balanceada**

Es la cantidad de alimento que suministra al animal los diversos nutrientes en cantidades y proporciones tales, que éste queda adecuadamente alimentado durante un período de 24 horas. Con base en lo anterior, al balancear raciones se persigue integrar el conocimiento existente sobre los nutrientes y sus funciones en el animal, el contenido de nutrientes de los alimentos o recursos disponibles y los requisitos del animal, de tal manera que la cantidad de alimento que diariamente recibe el animal provea los nutrientes necesarios para suplir los requisitos de mantenimiento, y los de cualquier proceso productivo en que el animal se encuentre.

El proceso matemático empleado para el balanceo de raciones es relativamente simple; sin embargo, antes de poder proceder con dicho proceso, se requiere de cierta información que a continuación se discutirá brevemente.

### **REQUISITOS NUTRICIONALES DEL ANIMAL**

En primer lugar es necesario tener una estimación de cuáles son los nutrientes que el animal necesita derivar del alimento y en qué cantidades. Para el caso de animales de leche se debe considerar que éstos requieren nutrientes para una o más de las siguientes funciones:

- a) Mantenimiento corporal
- b) Producción de leche
- c) Crecimiento
- d) Crecimiento y desarrollo del feto
- e) Ganancia de peso

Los requisitos de mantenimiento son comunes a todo tipo de animal y varían en función del peso o tamaño. De igual manera, los requisitos de producción varían según la cantidad de leche producida y su contenido de grasa. Mientras que los requisitos para crecimiento deben considerarse durante toda la etapa de crecimiento del animal, calculándose que el peso adulto se alcanza a los 4 ó 5 años, los requisitos de preñez se toman en cuenta sólo durante los últimos 2 ó 3 meses de gestación.

La condición del animal durante el último tercio de gestación definirá la necesidad de considerar o no requisitos para ganancia de peso. El que un animal entre en "buenas carnes" al parto, no sólo asegura un mejor nivel de producción de leche, sino también un mejor comportamiento reproductivo.

Como herramienta para determinar la cantidad de nutrientes que requiere el animal, existen tablas donde se han calculado los requisitos de nutrientes para diferentes tamaños y estados fisiológicos del animal (NRC. 1978).

#### **ALIMENTOS DISPONIBLES Y SU CONTENIDO DE NUTRIENTES**

El siguiente paso en el balanceo de raciones consiste en definir qué alimentos están disponibles y cuál es el contenido de nutrientes de esos alimentos. Hasta donde sea posible, se recomienda utilizar alimentos producidos en la misma zona, para evitar el encarecimiento consecuencia del transporte a largas distancias.

En cuanto al contenido de nutrientes de estos alimentos, lo ideal sería poder realizar análisis previamente a su utilización. Si no se dispone de facilidades para ello, se deberá recurrir a tablas de composición de alimentos, las cuales abundan en los textos de nutrición.

Aunque en forma manual es difícil llegar a determinar una ración balanceada de mínimo costo se aconseja utilizar, como criterio de discriminación entre posibles alimentos a ser utilizados, el costo del alimento por unidad de nutriente. Esto es de mucho valor sobre todo en el caso de fuentes de proteína y de energía, las cuales constituyen la mayor proporción de la ración.

El procedimiento para determinar el costo del alimento por unidad de nutrientes es sumamente sencillo. Partiendo de la concentración de nutrientes del alimento, y del costo de adquisición de dicho alimento, el costo por unidad de nutriente se calcula de la siguiente forma:

- 1) Precio de 100 unidades de alimento = a
- 2) Concentración de nutrientes en el alimento = b (%)
- 3)  $100 \times b =$  unidades de nutriente en 100 unidades de alimento
- 4)  $\frac{a}{100 \times b} \rightarrow$  Costo del alimento por unidad de nutriente

Cuando se trabaja con alimentos cuyo contenido de agua es muy diferente, se hace necesario hacer los cálculos en base a 100 por ciento de materia seca.

### MÉTODOS PARA BALANACEAR RACIONES

Básicamente existen cuatro métodos que pueden ser utilizados para balancear raciones:

#### Prueba y error

Consiste en ir realizando una serie de aproximaciones manuales hasta que se obtiene el balance deseado. Obviamente el método toma tiempo y requiere de experiencia.

#### Cuadro de Pearson

El método es sencillo y permite definir qué proporciones de dos ingredientes deben mezclarse a fin de obtener la concentración deseada. Un ejemplo de su uso se presenta a continuación. Suponga que se necesita un suplemento para animales en pastoreo, para lo cual se cuenta con harina de algodón (40% PC) y maíz molido (10% PC). ¿Qué cantidad de ambos ingredientes deben ser mezclados a fin de obtener un suplemento con 18% PC?

Para hacer uso de este método, en los vértices del lado izquierdo de un cuadrado imaginario se escriben los dos ingredientes que se van a utilizar y la concentración del nutriente de interés en dichos alimentos. En el centro de dicho cuadrado se anota la concentración deseada del nutriente. Para obtener las proporciones de ingredientes que se utilizarán, se resta diagonalmente, y las diferencias entre la concentración del nutriente en los ingredientes y la concentración deseada se anotan en los vértices del lado derecho del cuadrado, ignorando el signo. El cuadrado aparecería de la siguiente forma:

Harina de algodón	40	8	$\frac{8 \times 100}{30} = 26.7\%$
	18		
Maíz molido	10	$\frac{22}{30}$	$\frac{22 \times 100}{30} = 73.3\%$

Las cifras en los vértices derechos indican las proporciones de algodón y de maíz que deben mezclarse a fin de obtener una concentración de 18% PC (8 partes de algodón y 22 partes de maíz). Para transformar a porcentaje basta con: 1) sumar ambas cifras; 2) dividir cada cifra por dicha suma y multiplicar por 100.

Para el caso en cuestión tendríamos que el algodón constituiría 26,7 por ciento del suplemento y el maíz 73,3 por ciento.

### Soluciones algebraicas

Este método permite mezclar dos o más ingredientes. Consiste en la creación de un sistema de ecuaciones simultáneas, con tantas incógnitas como ingredientes se quieran mezclar, y tantos sistemas como nutrientes se quieran balancear. El método es muy simple de utilizar cuando se desea balancear pocos ingredientes para uno o dos nutrientes dados, no así cuando se aumenta el número de variables.

A manera de ejemplo se considerará nuevamente el caso del suplemento anterior. Si se considera el suplemento como el "todo", es decir 100 por ciento a uno de los dos ingredientes (harina de algodón) se lo denomina "x", y la diferencia del "todo" menos una de sus dos partes (100 - x) representaría el otro ingrediente (maíz molido). La ecuación se construye de la siguiente forma:

Una cantidad "x" de harina de algodón con 40 por ciento de PC, más una cantidad "100 - x" de maíz con 10 por ciento de PC, da una mezcla "100" con 18 por ciento PC, o sea,

$$40(x) + 10(100 - x) = 18(100)$$

$$40x + 1000 - 10x = 1800$$

$$30x = 800 \rightarrow x = \frac{800}{30} = 26,7\%$$

ahora bien, si "x" (harina de algodón) es igual a 26,7 por ciento, 100 - x (maíz molido) sería igual a 73,3 por ciento (100 - 26,7).

### Programación lineal

El método de programación lineal es el más utilizado para balancear raciones de mínimo costo. Tiene la ventaja de que permite balancear raciones con un gran número de ingredientes y por varios nutrientes a la vez. Es de fácil aplicación manual para casos sencillos como los que se presentaron anteriormente, sin embargo, se hace sumamente difícil conforme se incrementan tanto el número de ingredientes, como el número de nutrientes que se quieren balancear, requiriéndose en estos casos el uso de computadoras. Dado que a nivel de campo los métodos anteriormente indicados son de mayor aplicación, no se entrará en la discusión del método de programación lineal sino que a continuación se presentan ejemplos prácticos de cómo utilizar el balanceo de raciones para la formulación de raciones completas o suplementos a ser utilizados en pastoreo.

#### Ejemplo 1. Formulación de una ración completa para ganado de carne

Como extensionista de una zona ganadera, uno de los productores le solicita el favor de balancear una ración completa para un grupo de toretes que quiere engordar. Al consultar con diferentes fuentes de información, usted

llega a la conclusión de que la ración completa debe contener 9.0% de proteína cruda (PC) y 58% de nutrientes digestibles totales (NDT).

Para elaborar dicha ración, en la zona se dispone de los siguientes ingredientes:

COMPOSICION QUIMICA*			
INGREDIENTES	MS, %	PC, %	NDT, %
Paja de arroz	89.0	5.4	42.0
Leucaena	26.0	25.0	75.0
Melaza	73.0	3.4	82.0
Harina de carne	94.0	42.2	45.0

\* en base seca

#### A. Balanceo por PC

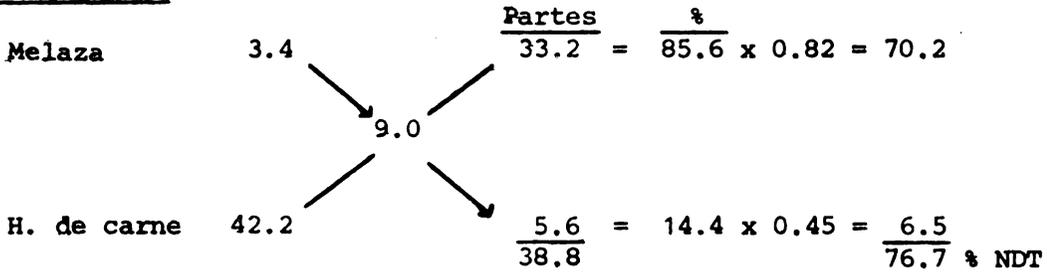
Aplicando el Cuadrado de Pearson, se prepararán en el papel dos pre-mezclas, las cuales se balancean de tal manera que ambas posean la concentración requerida para cualquiera de los dos nutrientes de interés. En este caso se procederá a balancear por PC.

Cabe indicar que para la preparación de estas dos pre-mezclas teóricas, se debe tener cuidado en escoger los ingredientes de tal manera que uno tenga una concentración del nutriente de interés, superior a la concentración requerida en la ración final, mientras que el otro deberá tener una concentración inferior. Ello porque sería imposible llegar a una concentración dada cuando ambos ingredientes tienen mayor o menor concentración del nutriente de interés que la deseada. Así para el caso en cuestión, no es posible llegar a balancear una pre-mezcla con 9% PC a partir de leucaena y harina de carne.

#### Premezcla I

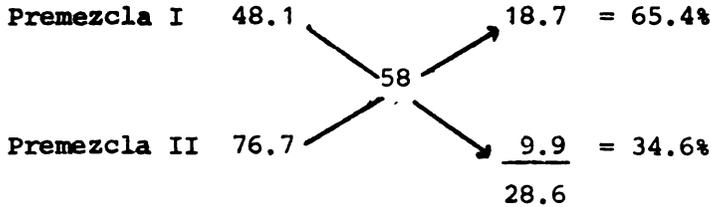
Paja de arroz	5.4		9.0	16.0	=	81.6	x	0.42 = 34.3
Leucaena	25.0		9.0	3.6	=	18.4	x	0.75 = <u>13.8</u>
				19.6				<u>48.1% NDT</u>

Premezcla II



B. Balanceo por NDT

Dado que ambas premezclas contienen la concentración de PC deseada, sólo quedaría establecer cómo mezclarlas a fin de obtener la cantidad de NDT deseada. Para ello, se aplica nuevamente el cuadrado de Pearson



C. Preparación de la mezcla final

Según los cálculos anteriores, se debe mezclar 65.4 partes de la premezcla I con 34.6 partes de la premezcla II. Conociendo la concentración de los ingredientes en cada una de las premezclas, los cálculos se realizan de la siguiente forma:

Ingrediente		%		
		Base seca	Base fresca	
			kg	%
p. arroz	$81.6 \times 0.654 =$	53.4	60.0	39.5
leucaena	$18.4 \times 0.654 =$	12.0	46.2	30.4
melaza	$85.6 \times 0.346 =$	29.6	40.5	26.6
h. carne	$14.4 \times 0.346 =$	<u>5.0</u>	<u>5.3</u>	<u>3.5</u>
	TOTAL	100.0	152.0	100.0

Ejemplo 2. Formulación de una ración completa para vacas lecheras durante el período seco

Conociendo que vacas lecheras deben consumir una ración conteniendo 14% PC y 67% de NDT, prepare una ración con los siguientes ingredientes

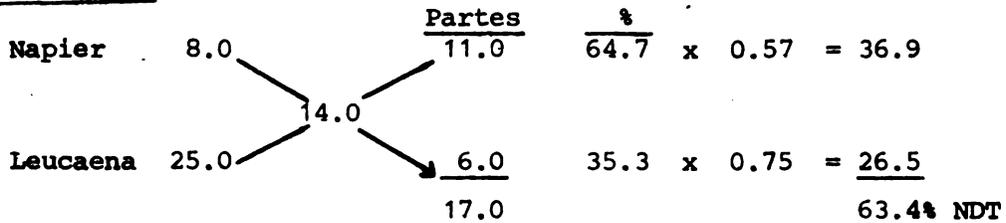
INGREDIENTES	COMPOSICION QUIMICA*		
	MS, %	PC, %	NDT, %
Napier	15.0	8.0	57.0
Leucaena	26.0	25.0	75.0
Melaza	73.0	3.4	82.0
T. Algodón	92.0	43.2	69.0

\* en base seca

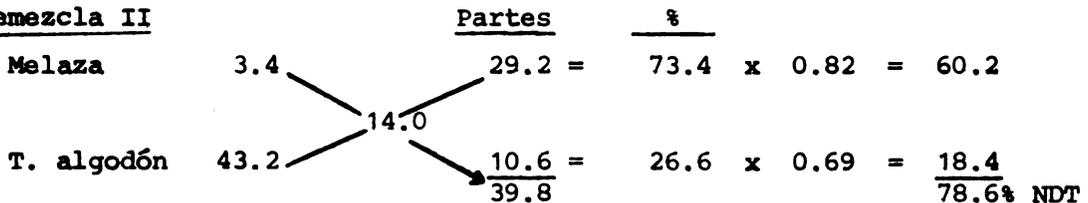
Al igual que se hizo en el ejemplo anterior, se procede a balancear dos premezclas teóricas, a fin de que ambas contengan la concentración deseada de uno de los nutrientes de interés, para luego proceder a balancear por el otro nutriente.

A. Balanceo por PC

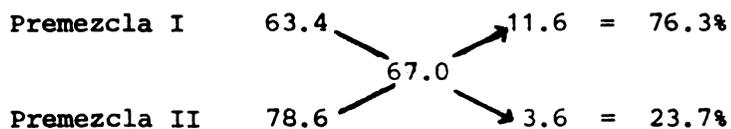
Premezcla I



Premezcla II



B. Balanceo por NDT



⇒ se debe mezclar 76.3 partes de la premezcla I con 23.7 partes de la premezcla II

C. Preparación de la mezcla final

<u>INGREDIENTE</u>		<u>% BASE SECA</u>	<u>BASE FRESCA</u>	
			<u>KG</u>	<u>%</u>
Napier	64.7 x 0.763	49.4	329.3	71.1
Leucaena	35.3 x 0.763	26.9	103.5	22.3
Melaza	73.4 x 0.237	17.4	23.8	5.1
T. algodón	26.6 x 0.237	<u>6.3</u>	<u>6.8</u>	<u>1.5</u>
		100	463.4	100.0

Ejemplo 3. Formulación de un suplemento para vacas en pastoreo

1. Información disponible

- \* Vaca adulta de 400 kg
- \* Producción de 10 kg de leche con 4,0 por ciento de grasa
- \* No está preñada
- \* Pastorea Guinea; consume 10 por ciento de su peso

2. Requisitos del animal

	<u>PC G</u>	<u>NDT KG</u>
Mantenimiento	373	3,15
Producción	<u>870</u>	<u>3,26</u>
Total	1243	6,41

3. Aporte del pasto

\* Composición química: 2,1 por ciento de PC y 11,1 por ciento de NDT (BH)

\* Consumo de pasto: 40 kg

\* Consumo de nutrientes:

$$40 \text{ kg} \times 2,1\% \text{ PC} = 840 \text{ g PC}$$

$$40 \text{ kg} \times 11,1\% \text{ NDT} = 4,44 \text{ kg NDT}$$

4. Necesidades de suplementar

	PC	NDT
Requisito	1243	6.41
Pasto	<u>840</u>	<u>4.44</u>
Diferencia	403	1.97

5. Concentración de nutrientes en el suplemento

\* Supongamos que se suplemente 2.75 kg/animal/día

\* 2,75 kg deben contener 403 g de PC y 1,97 kg de NDT

\* La concentración se calcula así:

$$\text{PC} = (0.403 \div 2.75) \cdot 100 = 14.65\%$$

$$\text{NDT} = (1.97 \div 2.75) \cdot 100 = 71.64\%$$

6. Ingredientes disponibles

	% PC	% NDT
Melaza	4,2	74,1
Harina de carne y hueso	39,2	65,9
Harina de algodón	40,9	67,9
Sorgo	7,8	70,6
Urea	268	-

7. Uso del cuadrado de Pearson

Mezcla A (balanceado por PC)

$$\begin{array}{rcccl}
 \text{Melaza} & 4,2 & & 26,25 & = 71,53\% \times 74,1\% \text{ NDT} = 53,01 \\
 & & \swarrow & \nearrow & \\
 & & 14,65 & & \\
 & \nearrow & \searrow & & \\
 \text{Algodón} & 40,9 & & 10,45 & = \frac{28,47}{36,7} \times 67,9\% \text{ NDT} = \frac{19,33}{72,34} \\
 & & & & 100,0 \times 67,9\% \text{ NDT} = 72,34
 \end{array}$$

Mezcla B

$$\begin{array}{rcccl}
 \text{Sorgo} & 7,8 & & 253,35 & = 97,37\% \times 70,6\% \text{ NDT} = 68,74 \\
 & & \swarrow & \nearrow & \\
 & & 14,65 & & \\
 & \nearrow & \searrow & & \\
 \text{Urea} & 268 & & \frac{6,85}{260,2} & = \frac{2,63\% \times 0,0\% \text{ NDT}}{68,74} = \frac{0,00}{68,74}
 \end{array}$$

Mezcla C (balanceado por NDT)

$$\begin{array}{rcccl}
 \text{Mezcla A} & 72,34 & & 2,90 & = 80,56\% \\
 & & \swarrow & \nearrow & \\
 & & 71,64 & & \\
 & \nearrow & \searrow & & \\
 \text{Mezcla B} & 68,74 & & \frac{0,70}{3,60} & = 19,44\%
 \end{array}$$

8. Composición de suplemento

INGREDIENTE	%	PC	NDT
Melaza	57,62	2,42	42,70
Harina de algodón	22,94	9,38	15,58
Sorgo	18,93	1,48	13,36
Urea	0,51	1,37	
	100,00	14,65	71,64

Cálculos

1. 80,56 por ciento Mezcla A que contiene 71,53 por ciento de melaza y 28,47 por ciento de harina de algodón

$$\rightarrow 80,56 \times 0,7153 = 57,62 \text{ por ciento de melaza}$$

$$\times 0,2847 = 22,94 \text{ por ciento de algodón}$$

2. 19,44 por ciento Mezcla B que contiene 97,37 por ciento de sorgo y 2,63 por ciento de urea

$$\rightarrow 19,44 \times 0,9737 = 18,93 \text{ por ciento de sorgo}$$

$$\times 0,0263 = 0,51 \text{ por ciento de urea}$$

EL PASTO BASE DE LA PRODUCCION BOVINA

Danilo Pezo, Mag. Sc.

## EL PASTO BASE DE LA PRODUCCION BOVINA

Danilo Pezo, Mag. Sc.

### INTRODUCCION

De manera general se puede establecer que en América Tropical existen tantos sistemas de alimentación de ganado bovino como productores. Es decir, cada productor ha establecido en su finca un sistema de alimentación diferente. Pese a ello, puede generalizarse que existen factores comunes en los sistemas de producción bovina, independientemente de la zona ecológica en que se desarrollan.

Un factor común destacable es la dependencia del pasto como base de la alimentación del ganado, con la consecuente variabilidad en disponibilidad y calidad de pasto a lo largo del año, producto de las diferencias climáticas estacionales; lo cual se refleja en el comportamiento de los animales (Figura 1).

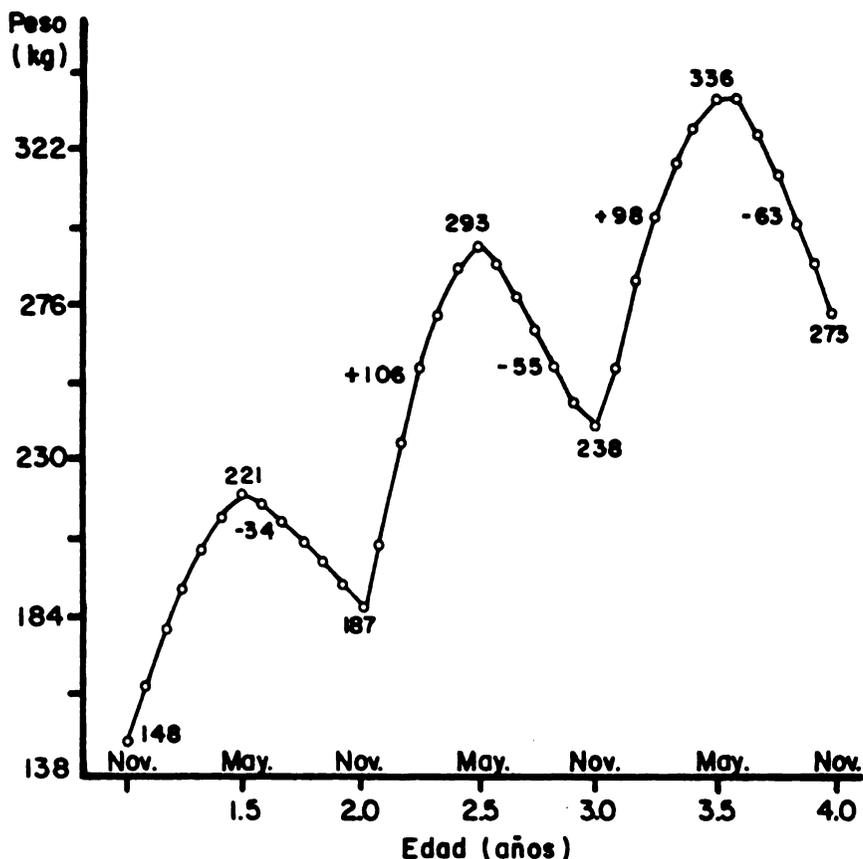


Fig.1 Cambios estacionales en el peso de bovinos de 1 a 4 años de edad, pastoreando pastizales nativos en una zona tropical de Australia (Evans, 1976)

## POTENCIAL DE LOS PASTOS TROPICALES PARA LA PRODUCCION DE BIOMASA FORRAJERA \

Las gramíneas tropicales tienen un potencial extraordinario para la producción de biomasa forrajera, tal como se muestra en el Cuadro 1. Bajo condiciones de alta humedad y fertilización pueden producir seis veces más biomasa que las gramíneas de zona templada. A medida que la disponibilidad de agua se hace más crítica, las diferencias entre zonas en el potencial de producción de forraje se hacen menos evidentes, hasta el punto que en condiciones de aridez no existen diferencias en la producción anual de forrajes entre pastizales de zona templada, sub-tropical o tropical.

**Cuadro 1. Estimados de producción anual de materia seca (TM/ha) en pastizales típicos de las principales zonas climáticas del mundo<sup>a/</sup>.**

TEMPERATURA	DISPONIBILIDAD DE AGUA			
	MUY HUMEDA	HUMEDA	SEMI-ARIDA	ARIDA
SUB-ARTICA	4	8	-	-
TEMPLADA	25	15	9	4
SUB-TROPICAL	120	40	10	4
TROPICAL	150	70	12	4

a/ Snaydon, (1981).

Si los potenciales de producción forrajera presentados en el Cuadro 1 se quieren utilizar para estimar el potencial de producción de leche, se cita como referencia que una vaca de 500 kg de peso y con una producción de 10 kg de leche, requiere para su mantenimiento y producción de leche de 2500 kg de materia seca/año, cuando el pasto contiene 3.0 Mcal EM/kg MS y de 5300 kg de materia seca/año, cuando el valor energético del pasto es de 1.8 Mcal EM/kg MS. En el primer caso se trataría de un forraje típico de la zona templada, mientras que en el segundo de uno de la zona tropical.

### FACTORES QUE INFLUYEN EL RENDIMIENTO Y EL PATRON DE PRODUCCION ESTACIONAL

#### Radiación solar

De los factores climático-ambientales, la radiación solar es probablemente el menos limitante bajo condiciones sub-tropicales y tropicales. Bajo condiciones normales, la radiación solar en el trópico es del orden de los 300 a 600 cal/cm<sup>2</sup>/día. A este nivel, prácticamente no existen limitaciones lumínicas para el normal crecimiento de las especies forrajeras. En días nublados, durante épocas de alta precipitación, la radiación solar puede reducirse hasta 50 a 150 cal/cm<sup>2</sup>/día, lo cual puede tener un cierto efecto negativo sobre la tasa de crecimiento de especies tropicales; sin embargo, este efecto no llega a ser tan drástico como el ejercido por la precipitación o temperatura ambiental.

## **Temperatura**

Si la humedad en el suelo no es un factor limitante, el patrón de crecimiento de las especies tropicales es en gran medida controlado por la temperatura. Las leguminosas tropicales se desarrollan de manera óptima cuando la temperatura diurna es de 30°C y la nocturna de 25°C; en cambio, las gramíneas tropicales encuentran su óptimo a temperaturas más altas, normalmente en el rango de 30 a 35°C. Las gramíneas de zona templada crecen óptimamente entre los 20 y 25°C.

Algunas gramíneas de zona templada continúan creciendo incluso a temperaturas tan bajas como 5°C; mientras que las gramíneas tropicales prácticamente detienen su crecimiento a 15°C.

Este aspecto es de suma importancia en la distribución de las especies forrajeras bajo condiciones tropicales, pues las temperaturas diurnas y nocturnas no sólo están determinadas por la latitud (distancia del ecuador), sino también por la altitud. Esta es la explicación por la cual a una misma latitud se tienen diferentes especies forrajeras, dependiendo del piso altitudinal en que se encuentren. A manera de ejemplo, a 15° de latitud norte o sur, se pueden encontrar especies típicamente tropicales (estrella, jaragua, braquiaria) bajo condiciones de trópico bajo (0-600 m.s.n.m.); especies intermedias (kikuyo) a altitudes de 800 a 1200 m.s.n.m. y especies propias de la zona templada ("ryegrass", trébol, alfalfa) a altitudes mayores a los 2000 m.s.n.m.

## **Precipitación**

La precipitación pluvial es otro factor climático-ambiental determinante de la producción de biomasa forrajera. En este sentido, no es sólo importante la cantidad de lluvia anual, sino también la distribución de ella a lo largo del año. En las Figuras 2 y 3 se generalizan las variaciones estacionales en la tasa relativa de crecimiento del pasto, para el trópico húmedo y el monzónico, respectivamente. Nótese que el factor precipitación es particularmente crítico bajo las condiciones del trópico monzónico (Figura 3), en el cual las lluvias se concentran en cuatro u ocho meses del año; de manera que durante el período seco la tasa de crecimiento del pasto es prácticamente nula.

En el caso del trópico húmedo no siempre existe una relación directa entre precipitación y producción de biomasa forrajera, tal como se ilustra con datos de Puerto Rico presentados en la Figura 4. Nótese que en los meses de octubre a marzo se obtienen los menores niveles de producción forrajera, lo cual coincide con el otoño e invierno para el hemisferio norte; de manera que en este caso aparentemente la temperatura está constituyéndose en limitante del crecimiento de los pastos.

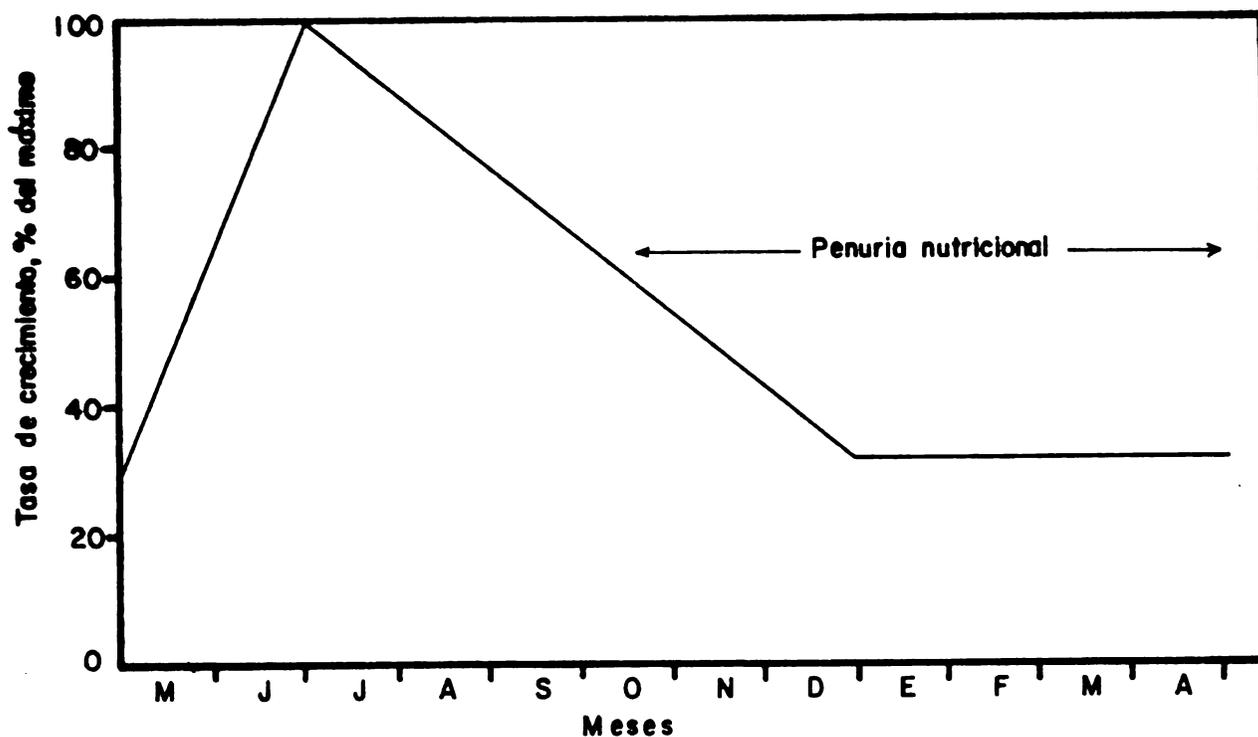


Fig. 2 Crecimiento estacional del pasto en el trópico húmedo de América Central (Cubillos et al, 1975)

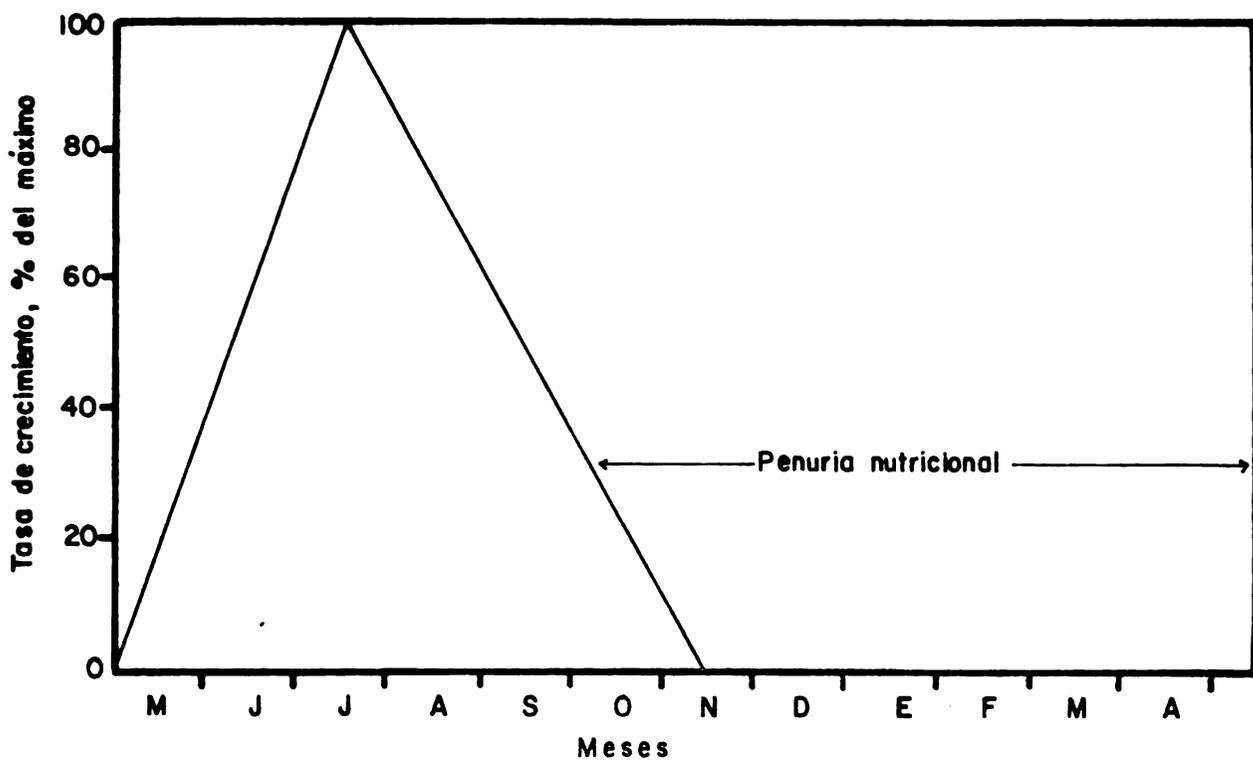


Fig. 3 Crecimiento estacional del pasto en el trópico monzónico de América Central (Cubillos et al, 1975)

## FACTORES QUE MODIFICAN EL RENDIMIENTO Y PATRON DE CRECIMIENTO DE LOS PASTOS

### Especie

Anteriormente se presentaron datos que ilustran las diferencias entre especies en cuanto a su potencial de producción de biomasa forrajera, sin embargo, en ellos no se aisló el efecto de especie y del ambiente. Con el fin de ilustrar diferencias inter-específicas en cuanto al potencial de crecimiento de las especies, en el Cuadro 2 se presentan datos de tasa de crecimiento en diferentes pasturas tropicales. Se observa que la variación en tasas de crecimiento es muy amplia, con valores que van de 2.6 a 154.7 kg MS/ha/día, para pastizales naturales y elefante fertilizado respectivamente.

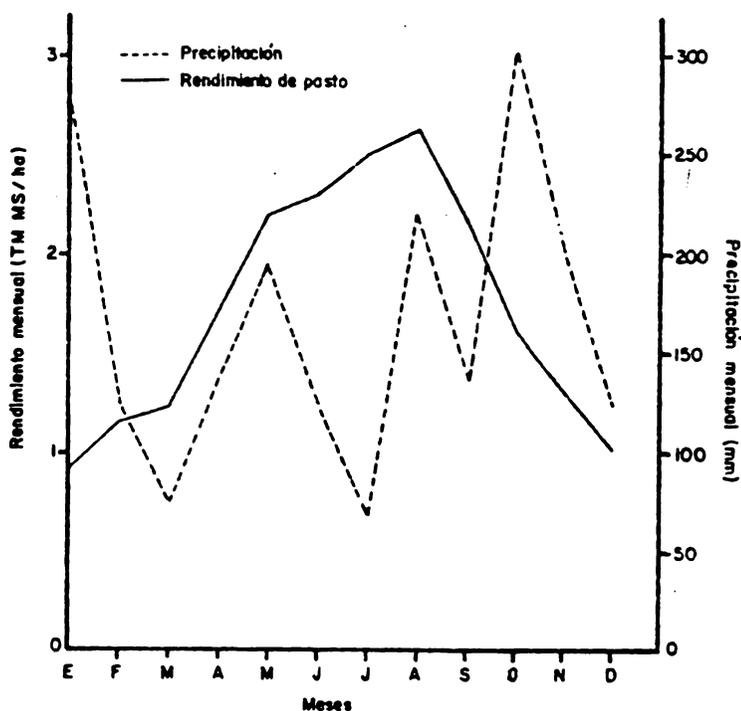


Fig. 4 Efecto de la época del año sobre el crecimiento de Panicum maximum en Puerto Rico (adaptado de Vicente Chandler et al., 1974)

Cabe hacer notar sin embargo, que estas comparaciones no son del todo justas, pues definitivamente están confundidas con características ecológicas, de manejo y con el factor fertilidad del suelo. En este último sentido, se puede generalizar que especies con mayores tasas de crecimiento como estrella, elefante o guinea requieren suelos de mejor fertilidad que aquellos con menor tasa de crecimiento, como son natural (Paspalum, Axonopus, etc.), jaragua y gordura (Melinis minutiflora).

**Cuadro 2. Tasa de crecimiento en diferentes pasturas tropicales**

<b>PAIS</b>	<b>TIPO DE PASTURA</b>	<b>TASA DE CRECIMIENTO KG MS/HA/DIA</b>	<b>REFERENCIA</b>
Costa Rica	Natural	2.6 - 32.4	Galaviz, 1981
	Brachiaria ruziziensis/ Pueraria phaseoloides	24.7 - 53.7	Cubillos, 1981
	Cynodon nlemfuensis, fer- tilizado	58.2 -103.6	
Perú	Hyparrhenia rufa, sin fer- tilizar	11.8	Toledo y Mora- les, 1978
	Brachiaria decumbens, sin fertilizar	21.4	
	Brachiaria decumbens, fer- tilizada	36.1	
	Panicum maximum, sin ferti- lizar	30.5	
	Panicum maximu, fertilizado	59.6	
	Pennisetum purpureum, fertili- zado	129.2 -154.7	Pezo, 1972
Panamá	Digitaria decumbens, fertili- zada	58.0	Ortega y Samu- dio, 1979
	Cynodon nlemfuensis, fertili- zado	73.0	
	Hemartria altissima, fertili- zada	68.0	
Puerto Rico	Pennisetum purpureum, ferti- lizado	63.2 -175.8	Vicente-Chandler et al, 1974
	Panicum maximum, fertilizado	74.1 -114.8	
	Cynodon nlemfuensis, fertilizado	52.6 - 99.6	
	Brachiaria ruziziensis, fertili- zado	58.2 -138.5	

En cuanto al patrón de crecimiento estacional, también hay posibilidad de modificación en función de la especie y del factor más crítico como determinante del crecimiento del pasto. Así, si el factor limitante del crecimiento en una época del año es disponibilidad de humedad en el suelo, especies con sistema radicular más profundo (como son las leguminosas) alargarán su período de crecimiento; en cambio, si el factor limitante del crecimiento es temperatura baja, entonces especies con óptimos de temperatura más bajas continuarán creciendo en épocas frías.

### Fertilización

Normalmente el nitrógeno es el factor limitante para el crecimiento de las gramíneas tropicales, aún cuando factores como la humedad y temperatura sean adecuados para el crecimiento. La magnitud de la respuesta a la fertilización con nitrógeno es dependiente fundamentalmente del potencial de crecimiento de la especie forrajera y del contenido de nitrógeno del suelo.

Bajo condiciones de Puerto Rico se ha observado que especies con alto potencial de producción de biomasa, como es el caso del elefante, responden casi linealmente a la fertilización con nitrógeno hasta niveles tan altos como 800 kg N/ha/año; especies con mediano potencial como guinea, estrella, braquiaria y alemán responden casi linealmente hasta niveles entre 400 y 600 kg N/ha/año. En cambio, especies con bajo potencial de producción de biomasa forrajera, como es el caso del gordura responden casi linealmente sólo a niveles inferiores a los 200 kg N/ha/año (Figura 5).

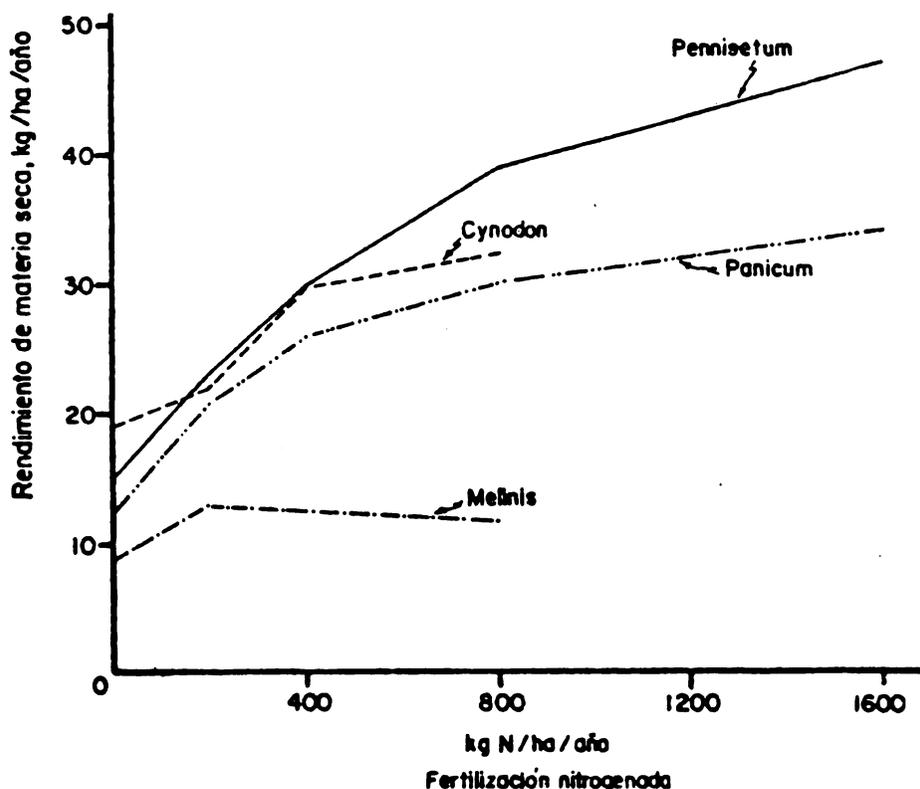


Fig. 5 Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción de forraje (Vicente Chandler et al, 1974)

Se ha tomado como ejemplo el caso del nitrógeno, sin que ello signifique que éste sea el único nutriente que requieren las gramíneas tropicales; pues éstas, al igual que las demás especies vegetales, tienen también requerimientos por otros elementos minerales (P, K, Mg, S, Ca, B, Zn, etc.).

La fertilización nitrogenada también puede modificar el patrón de crecimiento de las gramíneas tropicales. En este sentido, se ha utilizado como práctica para incrementar la disponibilidad de forraje durante el período seco, el uso de niveles altos de nitrógeno en las etapas finales del período de lluvias, tal como se ilustra en la Figura 6. Esta técnica es capaz de modificar la tasa de crecimiento del pasto durante dicha etapa, con el consiguiente incremento en la cantidad de forraje remanente en los potreros de uso diferido durante el período seco; sin embargo, ello no detiene la pérdida de calidad nutritiva del pasto, durante el período seco.

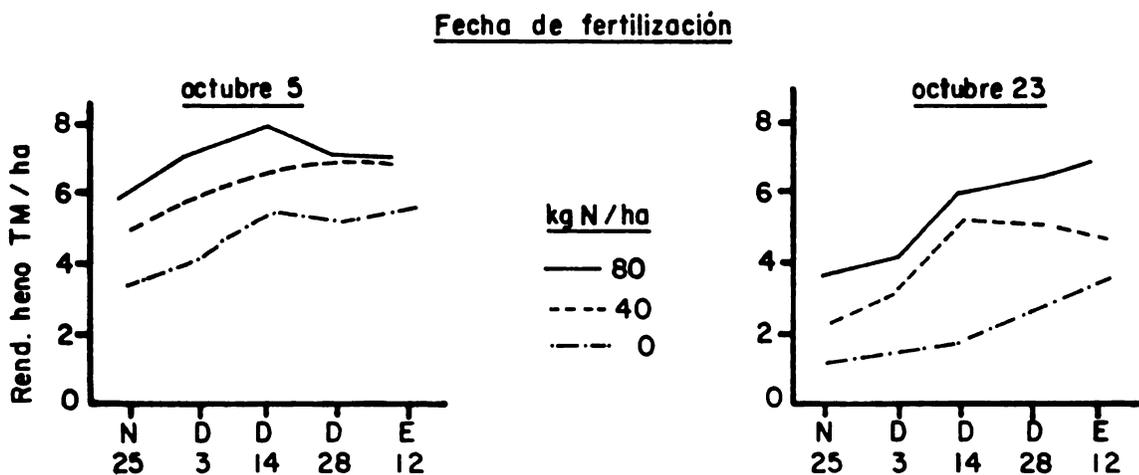


Fig. 6 Producción de heno de jaragua (15% de humedad) bajo diferentes niveles de nitrógeno como fertilización estratégica de verano (Andrade et al, 1964)

## Riego

La irrigación de los pastizales es otro factor que puede modificar la producción y patrón de crecimiento de las especies forrajeras, especialmente donde el factor humedad en el suelo o precipitación constituye el factor más crítico. Sin embargo, la conveniencia de esta práctica estará determinada básicamente por criterios de tipo económico, particularmente si se compara el uso de agua en potreros frente a otras alternativas de tipo agrícola.

### POTENCIAL DE LOS PASTOS TROPICALES PARA LA PRODUCCION DE LECHE Y CARNE

El potencial de un pasto para la producción de leche y carne está definido por su calidad nutritiva y por su capacidad de producción de biomasa forrajera. El factor calidad nutritiva del forraje se reflejará en la cantidad de leche producida por vaca o en la ganancia de peso por animal, mientras que su potencial de rendimiento se reflejará en la capacidad de soporte (carga) de la pastura, la cual se expresa como número de vacas por hectárea. Del producto de la cantidad de leche producida por vaca y el número de vacas sostenidas por hectárea se obtiene la cantidad de leche producida por hectárea. De una manera similar puede estimarse la producción de carne por hectárea.

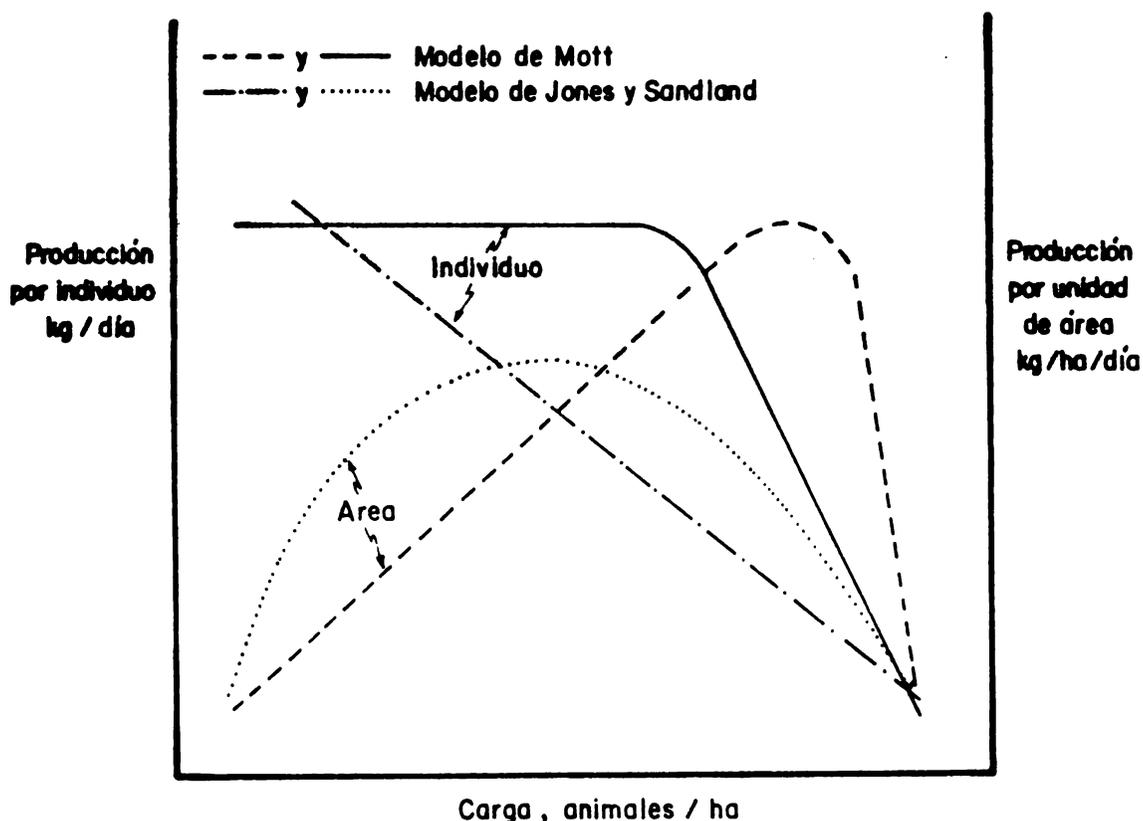


Fig. 7 Relaciones entre carga animal con producción por animal y por hectárea (Adaptado de Roberts, 1978)

Se reconoce que existe una relación bien definida entre la carga animal o la disponibilidad de forraje por animal, con la producción de leche o carne por animal y por hectárea. En la Figura 7 se muestran las relaciones teóricas entre estas variables, las mismas indican en términos generales que a cargas bajas se obtiene la máxima producción por animal, la cual está determinada por la capacidad genética de los animales. Luego, a medida se incrementa la carga animal, o lo que es lo mismo, se reduce la disponibilidad de forraje por animal, se provoca una disminución en la producción de leche o en la ganancia de peso por animal. En cambio, la producción por hectárea se incrementa con la carga animal hasta un punto (el cual coincide aproximadamente con el momento en que se alcanza el 85 a 90 de la máxima respuesta por animal), a partir del cual la producción por hectárea también declina. En el Cuadro 3 se presentan datos numéricos respecto a las relaciones entre carga animal y producción de leche por vaca y por hectárea en pasto Kikuyu fertilizado.

**Cuadro 3. Efecto de la carga animal sobre la producción de leche en pasto Kikuyu fertilizado con 336 kg N/ha/año<sup>a/</sup>.**

<b>AÑO</b>	<b>CARGA ANIMAL (VACAS/HA)</b>	<b>PROD. DE LECHE POR VACA KG/DIA</b>	<b>PROD. DE LECHE POR HECTAREA KG/AÑO</b>
I	2.47	8.68	6093
1050 mm	3.29	8.23	7606
	4.94	7.44	10216
II	2.47	7.17	4851
747 mm	3.29	6.92	5757
	4.94	6.85	8561

a/ Colman y Kaiser (1974)

### **Calidad nutritiva de los forrajes tropicales**

A un mismo estado fisiológico, los pastos tropicales tienen menores contenidos de proteína, mayores concentraciones de fracciones fibrosas, menor digestibilidad y menor índice de consumo que los pastos provenientes de las zonas templadas. Esto no sólo es debido a que a altas temperaturas, normalmente presentes en las áreas tropicales, se produce un aceleramiento en el proceso de maduración de los forrajes, sino que existen factores de tipo genético que determinan las diferencias en calidad nutritiva entre las especies tropicales y las de zona templada.

Son muchos los factores determinantes de la calidad nutritiva de los forrajes, entre ellos se citan factores propios de la planta (especie, edad, morfología, etc.), factores ambientales (temperatura, precipitación, fertilidad del suelo) y factores del manejo que el hombre ejerce sobre la pastura (intensidad y frecuencia de defoliación, fertilización, etc.).

El factor edad o estado de madurez de la planta es tal vez el más importante como determinante de la calidad nutritiva del forraje. En la Figura 8 se presentan las relaciones entre el estado de madurez y diferentes parámetros de calidad nutritiva. La tasa de disminución de digestibilidad en pastos tropicales es del orden de 0.1 unidades en por ciento por día, mientras que el valor correspondiente para gramíneas de zona templada es de 0.5 unidades en por ciento por día. Por otro lado, la tasa de disminución de digestibilidad es mayor en gramíneas tropicales que en leguminosas tropicales, esto hace que las últimas mantengan por mayor tiempo su calidad nutritiva.

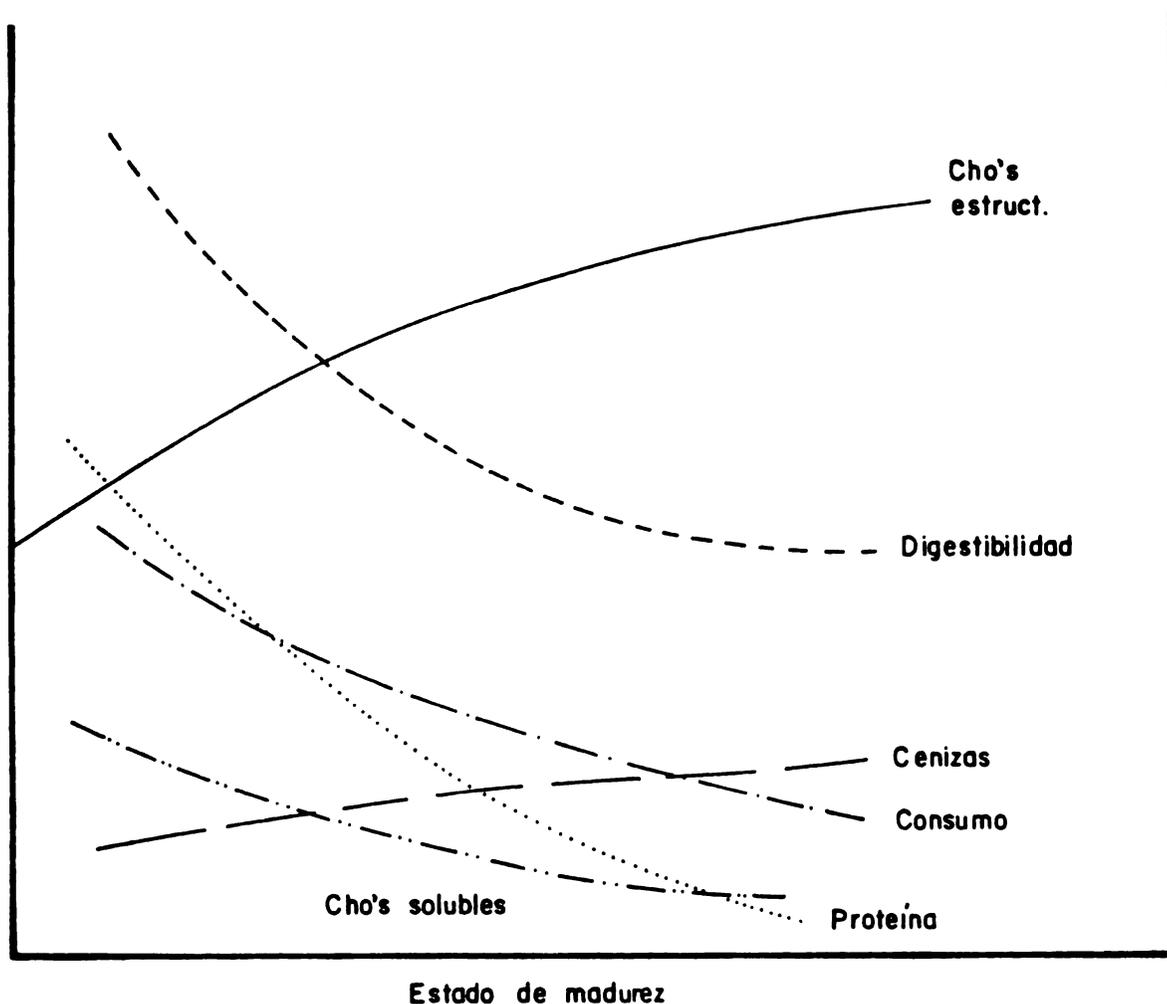


Fig. 8 Cambios en diferentes parámetros de calidad nutritiva, en función del estado de madurez (Pezo, 1981)

En cuanto al contenido proteico, las gramíneas tropicales presentan niveles relativamente altos en los estadios iniciales de crecimiento, para luego caer marcadamente hasta antes de la floración. Esta disminución en el contenido proteico continua hasta la madurez, momento en que el nitrógeno es traslocado de las hojas a los tejidos de reserva (bases de tallos y raíces). Al igual que la digestibilidad y el contenido proteico, el consumo voluntario también se ve afectado negativamente por la madurez del forraje. Por otro lado, el consumo de leguminosas tropicales es más alto que el de gramíneas tropicales, pero no tan alto como el observado en leguminosas de zona templada, como es el caso de la alfalfa.

Otro factor que es determinante de la calidad nutritiva del forraje que el animal ingiere es la selectividad. Esta puede ser ejercida tanto a favor de especies, como de porciones o de fracciones de la planta. En el Cuadro 4 se presentan el contenido de proteína cruda y la digestibilidad de una gramínea tropical (Setaria anceps var. Kazungula) en función de la porción de la planta (superior, media y basal) y de la fracción analizada (hojas y tallos).

**Cuadro 4.** <sup>a/</sup> Valor nutritivo de diferentes porciones de Setaria anceps var. Kazungula.

PORCIÓN DE LA PLANTA	DIGESTIBILIDAD		PROTEÍNA CRUDA	
	Hojas	Tallos	Hojas	Tallos
Superior	59.1	58.5	10.0	4.0
Media	57.1	54.4	6.9	2.6
Basal	55.6	49.2	4.2	1.3

a/ Stobbs (1973)

Es obvio que factores del manejo de la pastura que tengan incidencia sobre la selectividad, ejercerán un efecto sobre la calidad del forraje consumido. Uno de los factores de manejo que afectan la calidad nutritiva del forraje ingerido es la carga animal o la presión de pastoreo, estableciéndose en términos generales que a mayor presión de pastoreo el animal tiene una menor capacidad de selección y consecuentemente, ingerirá un alimento de menor calidad. Sin embargo esta relación no es lineal, pues a presiones de pastoreo bajas la eficiencia de utilización de la pastura se reduce y ello redundará en una acumulación de material forrajero de menor calidad, problema que aparentemente no puede ser superado mediante la selectividad (Cuadro 5).

Otra manifestación del efecto de la selectividad sobre la calidad nutritiva del forraje ingerido, es ilustrado por la relación inversa que existe entre días de permanencia en el potrero con el contenido de proteína cruda, digestibilidad de materia orgánica en el forraje consumido y la producción de leche, tal como se muestra en el Cuadro 6.

**Cuadro 5. Efecto de la presión de pastoreo sobre la producción de leche en "rye-grass"<sup>a/</sup>.**

PARAMETRO	PRESION DE PASTOREO (KG MS/VACA/DIA)		
	11.4	15.9	20.4
Utilización de la pastura, %	92	75	58
Consumo, kg MO/vaca/día	9.9	11.9	10.8
Digestibilidad MS, %	77.9	78.1	76.4

a/ Greenhalgh (1970)

**Cuadro 6. Contenido de proteína cruda, digestibilidad de materia orgánica y producción de leche, en función del largo del período de permanencia en potreros de estrella africana<sup>a/</sup>.**

DIAS DE PERMANENCIA	PROTEINA CRUDA %	DIGESTIBILIDAD %	PROD. DE LECHE KG/VACA/DIA
1	14.9	68.0	5.4
2	12.7	63.2	5.8
3	12.4	61.4	6.0
4	11.1	56.8	5.9
5	11.0	58.3	5.8
6	10.4	56.9	5.4

a/ Gutiérrez (1974)

En resumen, las especies tropicales tienen menor digestibilidad y consumo que las especies de zona templada. El consumo de energía digerible parece ser el principal factor limitante de la producción lechera, cuando ésta se basa en pastos tropicales. Sin embargo, bajo ciertas condiciones, la proteína también puede constituirse en un factor limitante para la producción de leche.

## Producción de leche basada en pasturas

### Producción de leche por vaca

Previamente, se ha manifestado que la calidad nutritiva del pasto se refleja en la producción de leche obtenida por vaca. En el caso específico de los pastos tropicales pastoreados en estadios tempranos de crecimiento, los niveles de producción de leche obtenidos han variado de 1800 a 2400 kg/vaca/año; en cambio, con especies de zona templada, a estadios de crecimiento equivalente, se han alcanzado de 3300 a 3800 litros/vaca/año. Por otro lado, con pastos tropicales semi-maduros los niveles de producción de leche obtenidos se reducen hasta 1000 a 1400 kg/vaca/año (Cuadro 7).

**Cuadro 7. Resumen de resultados de investigación con pasturas tropicales y de zona templada, en términos de digestibilidad y producción de leche por vaca<sup>a/</sup>.**

DIETA	DIGESTIBILIDAD	MAXIMA PRODUCCION POR ANIMAL
		KG LECHE/VACA/AÑO
<u>Pasturas tropicales</u>		
1. Estado vegetativo	60-65	1800-2400
2. Semi-maduras	50-55	1000-1400
<u>Pasturas Zona Templada</u>		
Estado vegetativo	70-80	3300-3800
Con concentrados	80-85	4400-4900

<sup>a/</sup> Adaptado de Stobbs (1976)

Si la producción de leche se expresa en términos de producción diaria, se puede señalar que con gramíneas no fertilizadas rara vez se alcanzan niveles de producción superiores a los 6 a 7 kg de leche/vaca/día (Cuadro 8); mientras que las asociaciones gramínea/leguminosa o las gramíneas fertilizadas normalmente permiten producir de 8 a 9 kg de leche/vaca/día, (Cuadros 9 y 10), aunque hay datos en la literatura hasta de 13 kg de leche/vaca/día producidos con base en asociaciones de gramíneas y leguminosas tropicales (Cuadro 10).

**Cuadro 8. Producción de leche por vaca y por hectárea utilizando gramíneas tropicales no fertilizadas <sup>a/</sup>.**

PAIS	PASTURA	CARGA VACAS/HA	PRODUCCION DE LECHE	
			KG/VACA/DIA	KG/HA/AÑO
Australia	Kikuyu + Paspalum + Axonopus	1.5	6.9	2667
		1.0	7.2	2044
	Natural, 74%	0.8	6.0	1378
Costa Rica	Guinea	1.0	6.9	2667
Brazil	Pangola	1.5	6.9	3759

<sup>a/</sup> Adaparado de Stobbs (1976)

**Cuadro 9. Producción de leche por vaca y por hectárea utilizando gramíneas tropicales fertilizadas con nitrógeno sin suplementación <sup>a/</sup>.**

PAIS	PASTURA	CARGA VACAS/HA	PRODUCCION DE LECHE	
			KG/VACA/DIA	KG/HA/AÑO
Australia	Pangola (irrigado)	6.9	10.9	17408
		8.9	6.5	22466
	Kikuyu	2.5	7.8	5351
		3.3	7.1	6227
		4.7	6.9	9000
Brazil	Pangola	2.2	8.7	7008
Costa Rica	Pangola	2.6	6.7	6014
Perú	Jaragua	1.9	10.7	4266
	Brachiaria	2.1	10.2	5002
	Brachiaria	3.3	8.6	10430
Puerto Rico	Guinea, Estrella, Pangola, Elefante	2.5	11.3	8488
	Estrella	2.5	10.4	7775

<sup>a/</sup> Adaptado de Stobbs (1976)

**Cuadro 10. Producción de leche por vaca y por hectárea utilizando asociaciones de gramíneas y leguminosas tropicales<sup>a/</sup>.**

PAIS	PASTURA	CARGA VACAS/HA	PRODUCCION DE LECHE	
			KG/VACA/DIA	KG/HA/AÑO
Australia	Natural + 20% Vicia	1.0	8.9	2777
	Natural + Glycine wightii, Trifolium subterraneum, Vicia Sativa	1.5	8.6	3200
	Kikuyu + Glycine wightii	1.8	9.3	4711
	Guinea + Glycine wightii	1.3	13.7	4954
		1.6	12.4	5351
1.9		13.3	6437	
	2.5	12.7	8221	
Brazil	Pangola + Centro- sema pubescens	1.7	7.3	4526

a/ Adaptado de Stobbs (1976)

### **Producción de leche por hectárea**

La producción de leche que se puede obtener por hectárea, tal como se manifestó anteriormente, es función de la producción que se puede obtener por vaca y de la capacidad de soporte de la pastura. En los Cuadros 8, 9 y 10 se presentan algunos datos de la literatura respecto a la producción de leche obtenida por hectárea cuando los animales pastorearon gramíneas tropicales no fertilizadas, fertilizadas y asociaciones gramíneas/leguminosas, respectivamente.

A manera de resumen, en el Cuadro 11 se muestran las gradientes en capacidad de soporte de las pasturas y en producción de leche por hectárea a medida se intensifica el manejo de las pasturas. Se observa que mientras con gramíneas no fertilizadas la carga animal es de 0.8 a 1.5 vacas/ha y la producción de leche es de 1000 a 2500 kg/ha/año; en cambio, en el grado máximo de intensificación, es decir gramínea tropical fertilizada e irrigada, la carga animal es de 6.9 a 8.9 vacas/ha y la producción de leche es de hasta 22000 kg/ha/año.

**Cuadro 11. Resumen de resultados de investigación con pasturas tropicales en términos de carga animal y producción por hectárea<sup>a/</sup>.**

PASTURA	CARGA	PRODUCCION DE LECHE
	VACAS/HA	KG/HA/AÑO
Gramínea no fertilizada	0.8 - 1.5	1000 - 2500
Gramínea/leguminosa	1.3 - 2.5	3000 - 8000
Gramínea fertilizada	2.5 - 5.0	4500 - 9500
Gramínes fertilizada e irrigada	6.9 - 9.9	15000 -22000

a/ Stobbs (1976)

### **Producción de carne basada en pasturas**

#### Ganancia de peso por animal

Anteriormente se indicó que la ganancia de peso obtenida por animal es una manifestación de la calidad de la pastura, además de que está influenciada por el potencial genético de los animales. También se ha manifestado que la ganancia por animal es dependiente de la carga animal que soporta una pastura. Por estas razones y con el fin de dar una idea de la calidad de las pasturas tropicales, en el Cuadro 12 se resumen algunos datos de ganancia diaria de peso presentes en la literatura, todos ellos determinados bajo condiciones de baja carga animal. En términos generales, las ganancias de peso han oscilado entre 0.50 y 0.91 kg/animal/día y éstas son menores que las que pueden obtenerse con pasturas de zona templada (hasta 1.3 kg/animal/día). Esto último refuerza la afirmación de que las pasturas tropicales son de menor calidad que las de zona templada.

#### Producción de carne por hectárea

La producción por hectárea es una mejor expresión del potencial de las pasturas para producir carne, ya que combinan los aspectos cualitativos y de disponibilidad. En los Cuadros 13, 14 y 15 se presentan datos de capacidad de carga, ganancia de peso por animal y producción por hectárea en pastizales naturales y en aquellos con los que se han introducido leguminosas, para áreas con precipitaciones anuales de 600 a 950 mm, 950 a 1500 mm y más de 1500 mm, respectivamente.

En estos cuadros se hace evidente la mejora que ejerce la introducción de leguminosas, tanto en asociación con gramíneas como en áreas separadas, las que se han dado en llamar "bancos de proteína". Se observa además, cómo la ventaja de la introducción de leguminosas se hace más notoria durante

el período seco, como consecuencia de que ellas mantienen su calidad nutritiva por mayor tiempo, al tener un sistema radicular más profundo.

**Cuadro 12. Máximas ganancias de peso obtenidas en pastoreo de praderas tropicales<sup>a/</sup>.**

PAIS	ESPECIE DE PASTO	GANANCIA DIARIA KG/ANIMAL	AUTOR
Australia	Chloris gayana	0.79	Christian y Shaw, 1952
	Heteropogon contortus	0.91	Shaw, 1961
	Cenchrus ciliaris	0.90	Smith, 1970
	Panicum maximum	1.10	Smith, 1970
Brazil	Panicum maximum	0.82	Quinn <u>et al</u> , 1960
	Hyparrhenia rufa	0.81	Quinn <u>et al</u> , 1960
	Cynodon dactylon	0.66	Quinn <u>et al</u> , 1963
	Melinis minutiflora	0.88	Quinn <u>et al</u> , 1963
Rodesia	Pastizal natural	0.86	Barnes 1965
Uganda	Hyparrhenia rufa y Chloris gayana	0.50	Joblin, 1963
	Pennisetum purpureum	0.64	Motta, 1956

<sup>a/</sup> Adaptado de Smith (1970)

Es interesante anotar también cómo las producciones de carne por hectárea obtenidas con asociaciones de gramínea/leguminosa, en áreas con más de 1500 mm (Cuadro 15), son iguales o menores que las alcanzadas en zonas con 950 a 1500 mm (Cuadro 16). Bajo estas condiciones en cambio, las producciones de carne por hectárea con gramíneas fertilizadas llegan hasta niveles de 1800 kg/ha/año. De estos resultados se hace evidente que bajo condiciones del trópico húmedo y muy húmedo hay un alto potencial para la producción bovina basada en gramíneas fertilizadas; sin embargo, el alto costo de fertilizantes exige el realizar mayor investigación tendiente al desarrollo de alternativas de producción bovina basadas en el uso de asociaciones gramínea/leguminosa, las cuales tengan presente fundamentalmente la persistencia de la leguminosa en el pastizal.

A manera de resumen, en el Cuadro 17 se presenta el potencial de producción de carne para diferentes tipos de pasturas, bajo diferentes ambientes.

**Cuadro 13. Producción de carne basada en pasturas, en zonas de Australia con una precipitación anual de 600 a 950 mm<sup>a/</sup>.**

TIPO DE PASTURA	CARGA ANIMA- LES/HA	GANANCIA DE PESO		AUTOR
		KG/ANIM/DIA	KG/HA/AÑO	
Nativa	0.27	0.11	11	Shaw, 1961
Nativa + S. humilis	0.47	0.30	51	
	0.61	0.38	85	
-----				
Nativa	0.27	0.25	27	Shaw y t' Mannetje,
	0.62	0.14	32	
Nativa + Fertilizante	0.62	0.30	68	1970
Nativa + S. guyanensis	0.74	0.37	103	
Nativa + S. guyanensis + Fertilizante	0.94	0.46	163	
-----				
<u>Estación seca</u>				
Nativa	0.17	-0.29	-5.5*	Norman, 1970
Nativa + S. guyanensis	3.0	0.44	150	
-----				
Nativa + 1000 kg/ha S. guyanensis	1.64	0.19	59**	Norman, 1970
Nativa + 4000 kg/ha S. guyanensis	1.64	0.29	92	
Nativa + 7000 kg/ha S. guyanensis	1.64	0.44	136	

\* Ganancia en un período de 112 días

\*\* Ganancia en un período de 190 días

a/ Whiteman (1976)

En él queda claro el limitado potencial de los pastizales naturales, cómo puede ser éste incrementado mediante la introducción de leguminosas y fertilización fosforada. Así mismo, es evidente el hecho que las asociaciones gramínea/leguminosa propias de la zona templada tienen un mayor potencial que las de la zona tropical y que en ésta última las gramíneas fertilizadas superan a las de la zona templada.

**Cuadro 14. Producción de carne basada en pasturas en zonas con una precipitación anual de 950 a 1500 mm<sup>a/</sup>.**

PAIS	TIPO DE PASTURA	CARGA		GANANCIA DE PESO		AUTOR
		ANIMALES/ HA	KG/ANIM/DIA	KG/HA/AÑO		
Australia	Setaria anceps +	1.1	0.44	180	Jones, 1974	
	Macroptilium	1.7	0.37	235		
	atropurpureum	2.4	0.33	280		
		2.9	0.21	225		
Nigeria	Cynodon plectostachyus + Centrosema pubescens	3.2	0.19	228	Oyenuga y Olubajo, 1968	
		4.2	0.19	298		
	Hyparrhenia rufa + S. guyanensis	1.6	0.28	165	Stobbs, 1969	
		2.5	0.27	246		
		5.0	0.23	422		
	<u>Panicum maximum</u>					
	+ D. intortum	4.18	0.39	596*	Stobbs, 1969	
	+ S. guyanensis	4.24	0.35	542*		
	+ D. intortum	4.21	0.49	753**		
	+ S. guyanensis	4.28	0.53	829**		

\* Novillas cebú

\*\* Novillas cruzadas

a/ Whiteman (1976)

**Cuadro 15. Producción de carne basada en pasturas en zonas con una precipitación anual de más de 1500 mm <sup>a/</sup>.**

PAIS	TIPO DE PASTURA	CARGA ANIMALES/ HA	GANANCIA DE PESO		AUTOR	
			KG/ANIM/DIA	KG/HA/AÑO		
Australia	Asociación gramínea/leguminosa (varias especies)	1.23	0.59	263	Evans y Bryan 1973	
		1.65	0.49	295		
		2.47	0.36	326		
	Panicum maximum	4.2	0.22	337	Grof y Harding 1970	
	P. maximum + C. pubescens	4.2	0.30	460		
I. Fiji	Dicanthium caricosum	1.5	0.22	110	Partridge y Ranacon, 1974	
		D. caricosum + 10% área con Leucaena leucocephala	1.5	0.30		170
		D. caricosum + 20% área con Leucaena leucocephala	1.5	0.50		270
Perú	Hyparrhenia rufa	1.2	0.16	70	Toledo y Morales, 1978	
		1.8	0.23	149		
		2.1	0.17	130		
	Hyparrhenia rufa + Stylosanthes guyanensis	2.1	0.40	309	Toledo y Morales, 1978	
2.4		0.40	351			
2.7		0.34	335			
3.0		0.34	378			

<sup>a/</sup> Adaptado de Whiteman (1976)

Cuadro 16. Producción de carne basada en pasturas tropicales fertilizadas

ESPECIE	NIVEL DE FERTILIZACION KG/HA/AÑO	CARGA ANIMALES/ HA*	GANANCIA DE PESO		AUTOR
			KG/ANIM/DIA	KG/HA/AÑO	
Pennisetum purpureum	273	5.4	0.54	1076	Vicente Chandler <i>et al</i> , 1974
	478	7.2	0.56	1456	
	682	8.9	0.55	1799	
Digitaria decumbens	64	2.0	0.56	404	
	168	3.2	0.55	642	
	382	4.9	0.55	990	
	535	5.9	0.49	1070	
Cynodon nlemfuensis	273	5.4	0.51	1019	
	478	6.7	0.56	1358	
	682	7.9	0.54	1560	
Cynodon nlemfuensis	150	4.4	0.46	762	Ortega y Samudio, 1979
	300	4.4	0.46	768	
	450	4.3	0.50	802	
Hemarthra altissima	150	4.3	0.42	681	
	300	4.2	0.56	834	
	450	4.4	0.55	849	

\* Animales de 300 kg de peso

**Cuadro 17. Potencial para la producción de carne a partir de pastizales naturales y cultivados en ambientes tropicales y templados<sup>a/</sup>.**

<b>TIPO DE PASTURA</b>	<b>ZONA TEMPLADA</b>	<b>TROPICO MONZONICO</b> <b>(5 - 6 MESES SECOS)</b>	<b>TROPICO HUMEDO</b>
<b><u>Pastizal natural</u></b>			
No mejorado	100-400*	10-80	60-100
Asociado con leguminosas y fertilizado con superfosfato	200-500	120-170	250-450
<b><u>Pasturas cultivadas</u></b>			
Asociadas gramínea/leguminosa fertilizada con superfosfato	400-1200	200-300	300-800
Gramíneas fertilizadas con nitrógeno	700-1400	300-500	400-1800

\* Ganancia de peso, en kilogramos por hectárea/año

<sup>a/</sup> Adaptado de Simpson y Stobbs (1981)

ALIMENTACION DE TERNERAS

Manuel E. Ruiz, Ph.D.

Arnoldo Ruiz, Mag. Sc.

## ALIMENTACION DE TERNERAS

Manuel E. Ruiz, Ph.D.  
Arnoldo Ruiz, Mag. Sc.

### INTRODUCCION

La cría de terneras de lechería es probablemente la fase más crítica, más costosa y más determinante del futuro de una explotación ganadera de lechería sea ésta especializada o de "doble propósito" (Cuadro 1). En esta fase inciden inversiones muy altas en la alimentación, como es el uso intensivo de leche entera, ya sea en un sistema de cría artificial o de una cría de terneras junto con la madre.

La baja resistencia de estos animales a enfermedades y parásitos es otro factor que puede llegar a ser el principal en el fracaso de una ganadería, especialmente como consecuencia de una pobre alimentación y sanidad.

Finalmente, como consecuencia de prácticas comúnmente empleadas en nuestros países tropicales, se puede observar que la edad en que el animal entra en producción de tres años, o más, lo cual representa por lo menos un año de cría adicional a lo que realmente puede realizarse en nuestro medio. El costo de un año extra en la cría de un animal es algo que cualquier productor conocedor de su finca se da cuenta y desea evitar.

### Cuadro 1. Problemática de la fase de cría de terneras

---

"FASE MAS CRITICA, MAS COSTOSA Y MAS DETERMINANTE DEL FUTURO DE UNA EMPRESA GANADERA"

- A. ALTAS EXIGENCIAS DE SANIDAD, ESPECIALMENTE EN DESTETE AL NACIMIENTO.
  - B. ALTAS INVERSIONES EN ALIMENTACION (USO EXTENSIVO DE LECHE ENTERA).
  - C. BAJA RESISTENCIA A ENFERMEDADES Y PARASITOS: PRINCIPAL TEMOR DE COLOCAR TERNERAS EN PASTOREO A EDAD TEMPRANA.
  - D. COMUNMENTE, DEBIDO A PRACTICAS NO MEJORADAS O NO ADECUADAS PARA EL MEDIO TROPICAL, EL ANIMAL ENTRA EN PRODUCCION A LOS 3-3 1/2 AÑOS DE EDAD.
- 

Para formarse una mejor idea de la incidencia de la fase de cría de terneras sobre el éxito o fracaso de una explotación ganadera, se presenta un esquema representativo de un sistema pecuario general (Figura 1).

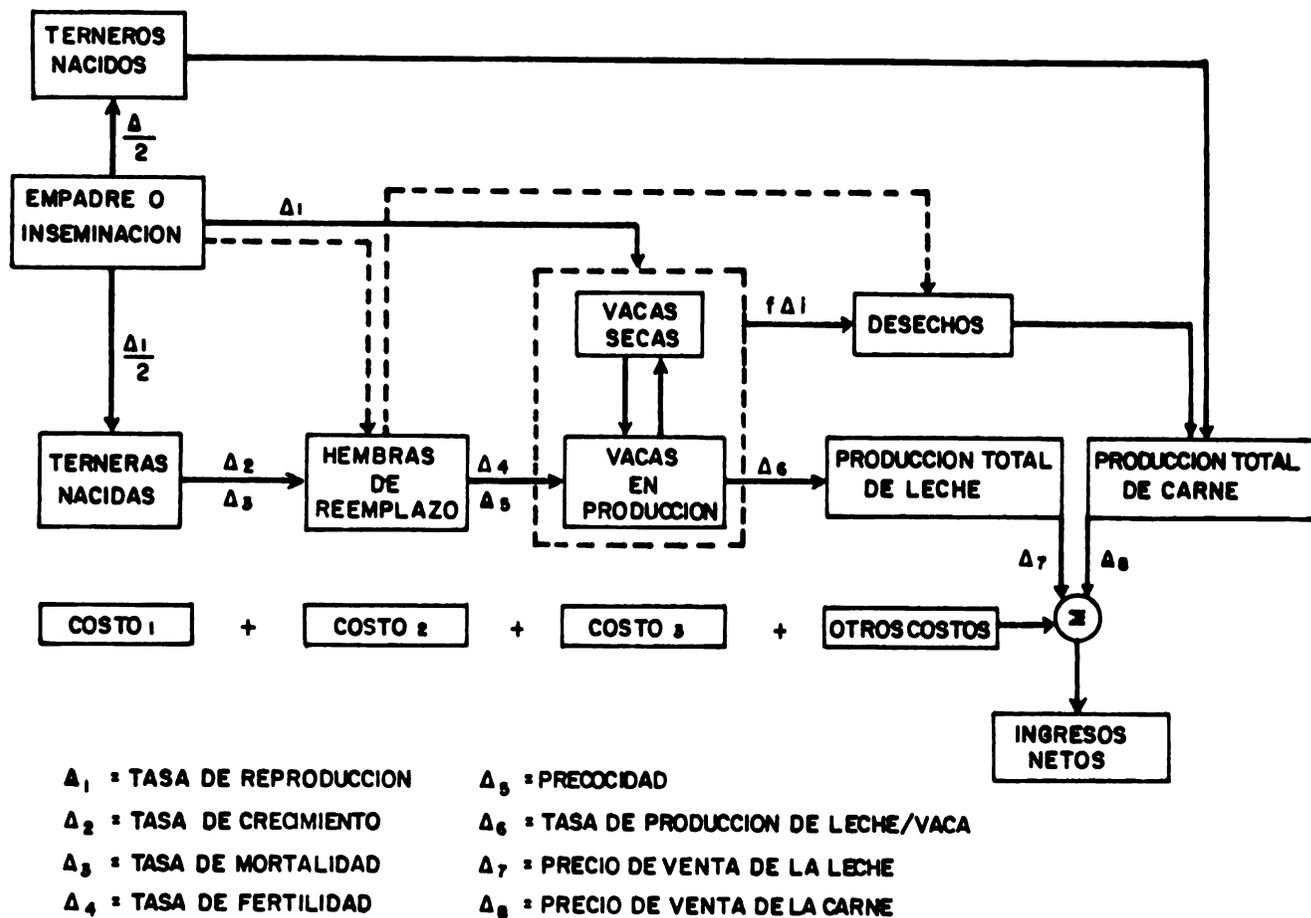


Fig. 1 Representación de un sistema de producción de bovinos donde resalta el papel angular de la cría de becerros (explicaciones en el texto).

En la Figura 1 se hace evidente que el crecimiento y/o mejoramiento del hato dependen de dos factores principales: el porcentaje de parición y la proporción de terneras que se conviertan a hembras de reemplazo en el menor tiempo posible.

En promedio, la mitad de la cría serán hembras que, en el caso del sistema de lechería especializada son las únicas que se crían, sacrificándose los machos o vendiéndolos tan pronto como sea posible, debido al costo de alimentación. En el caso del sistema de doble propósito tanto hembras como machos se crían y se venden usualmente al destete o al año de edad. Por lo tanto, en ambos sistemas existe un ingreso por venta de carne representado, en parte, por la venta de terneros, aunque este ingreso en el sistema de lechería especializada es insignificante.

Volviendo al componente de terneras, se verá mermado por problemas de mortalidad y la tasa de crecimiento, ambos consecuencia del programa de sanidad y alimentación. Más adelante, las novillas también enfrentan dos obstáculos en su conversión a vaquillas y éstos son el grado de precocidad (valga decir, nutrición) y el grado de fertilidad que tengan. Consecuentemente, el cuidado que se asigne a la alimentación y sanidad de estos grupos de animales es determinante del número final de hembras de reemplazo con que se vaya a contar. Para ilustrar más aun, la importancia de esta fase, supóngase que el hato tiene una tasa de reproducción de 70%. Es decir, de 100 vacas se tendrán 35 terneras nacidas en el año. Ahora, supóngase que la tasa de mortalidad de las terneras es de 20% y el de las novillas 5%. Sin considerar las bajas por tasa de crecimiento y fertilidad, se tendrían 26 novillas para ser utilizadas como reemplazo; apenas lo suficiente como para aplicar un programa de selección genética en las vacas adultas, pero sin lograr crecimiento del hato. Cualquier desvío a un empeoramiento de las tasas de mortalidad anularía el programa de selección.

En comparación con el sistema de lechería especializada, en el de doble propósito se esperaría una menor incidencia de mortalidad pero un problema mayor en cuanto a porcentaje de parición e intervalo entre partos.

## **SISTEMAS DE CRIANZA**

En el Trópico Americano se distinguen dos grandes sistemas de cría de terneros y éstos son identificados con los sistemas de producción de leche en forma especializada y doble propósito (Cuadro 2). Los sistemas de crianza serían entonces:

- a. Cría artificial - Llamado así porque el hombre, y no la vaca, cría al becerro.
- b. Cría natural - En que la vaca se encarga de la cría del ternero, con mínima asistencia del hombre.

**Cuadro 2. Frecuencia y características de la crianza natural y artificial según el Sistema de Producción Bovina en Costa Rica<sup>a/</sup>**

PRACTICA	SISTEMA	
	DOBLE PROPOSITO	LECHERIA ESPECIALIZADA
Número y frecuencia	182 (83.5%)	35 (15.2%)
Ordeño, % de fincas		
-Apoyo del ternero	Con	Sin
-Una vez por día	89	3
-Dos veces por día	11	97
Alimentación del ternero, % de fincas		
-Deja un cuarto	59	NA <sup>b/</sup>
-Deja leche residual	33	NA
-Otros	8	NA
-Con leche o suero	NA	88
-Con sustitutos de leche	NA	12

a/ Datos no publicados. Proyecto CATIE/CIID, CATIE, Turrialba, Costa Rica

b/ NA: no aplicable.

Dentro del sistema de cría natural se encuentran tres diferentes manifestaciones:

**b.1 La cría natural tradicional de doble propósito**

- En esta el ternero sirve de "apoyo" a la vaca para estimularla a "bajar" la leche. Una vez logrado este objetivo, el ternero se separa de la madre y procede el ordeño. El ordeño usualmente es de tres cuartos, dejando uno sin ordeñar, cuando el ternero es menor de los tres meses de edad. Con terneros de mayor edad, el ordeño es de los cuatro cuartos pero no es completo y se deja una proporción en la ubre; es la llamada leche de "postrera" o leche residual. Una vez que la vaca es ordeñada, el ternero se vuelve a juntar a su madre y permanece con ella durante 6-8 horas antes de retornarlo a su becerra. La edad de destete varía entre 6 y 10 meses.

b.2 Amamantamiento restringido

- Es el mismo sistema indicado en el inciso b.1 pero con la particularidad que el tiempo de amamantamiento se reduce. Ahora bien esta reducción puede tener la forma de un destete precoz (2-4 meses) o una reducción del tiempo diario de amamantamiento (hasta sólo 30 minutos diarios) o una combinación de ambos. En realidad, este sistema es resultado de investigaciones profesionales y no tanto el resultado de las investigaciones del propio productor.

b.3 Amamantamiento múltiple

- Al igual que el sistema del inciso b.2 éste es muy poco practicado en América Tropical aunque tiene posibilidades para el futuro y se hará una explicación mayor hacia el final del documento. Brevemente, consiste en el uso de vacas nodrizas a las que se añade un número variable de terneros (depende de la producción de leche), siguiendo un proceso escalonado de tal manera que no todos se le añaden a ella simultáneamente.

**PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS DE CUALQUIER SISTEMA DE CRIANZA**

Sin importar el sistema de levante de terneras, las metas deben incluir:

- a. Que las hembras de reemplazo conserven intacto su potencial para lactancias plenas y completas. Esto significa que el cuidado alimentario y sanitario sea el mínimo necesario para no causar mermas en el comportamiento productivo una vez que el animal empiece a lactar. Un ejemplo es la sobre-alimentación de la ternera y novilla que llega a reducir su capacidad de síntesis de leche (Swanson y Spann, 1954).
- b. Que el uso de los alimentos sea eficiente tanto biológica como económicamente. La cría artificial generalmente implica el uso de 500 a 600 litros de leche por ternera; quizás estas cantidades no sean criticables en los países donde hay excedente de leche pero tal no es el caso en América Tropical.
- c. La tasa de desarrollo debe permitir un empadre suficientemente temprano como para permitir la parición a los 24 meses de edad en razas grandes y en climas aptos para la lechería especializada. Comúnmente, en áreas tropicales el primer parto ocurre a los tres años cuando bien podría ahorrarse un año por lo menos con un sistema de crianza cuidadoso y adaptado al medio (Ruiz, 1976).
- d. Que las dificultades en el parto sean mínimas. Otra vez, pueden ocurrir mayor incidencia de problemas, tales como retención de placentas y metritis, si el animal llega al parto sobre-condicionado (Fronk y Schultz, 1978).

- e. Que las hembras de reemplazo alcancen un tamaño y vigor adecuado para la competencia en el pastoreo con el resto del hato. La estratificación del hato en grupos similares es una buena medida de manejo pero puede suceder que no sea posible establecer muchos grupos; una decisión frecuente de ver es que las novillas de reemplazo pastoreen juntas con las vacas secas, animales mayores y de menores necesidades nutricionales, pero que pueden causar que las novillas no consuman suficiente calidad y cantidad de forraje especialmente si las novillas no están bien desarrolladas.
- f. Que se produzca un ternero viable y normal. Especialmente una subalimentación resulta en terneros débiles y propensos a enfermedades y muerte.

## **ALIMENTACION DE TERNERAS EN CRÍA ARTIFICIAL**

### **Resultados relevantes de la investigación**

#### Desarrollo anatómico-funcional del rumen

Al nacer, el ternero posee ya bien definidos los 4 compartimientos del estómago, aunque el abomaso (o estómago verdadero) tiene el doble de la capacidad de los otros compartimientos y es el único funcional. En el rumiante adulto, el abomaso decrece en importancia física hasta representar sólo el 8% del estómago total; en cambio el rumen representa el 80% (Figura 2a).

A qué se deben estos cambios? A esta pregunta habría que añadir a qué se debe que a medida que crece el ternero desaparece el reflejo de la gotera esofágica?

La gotera esofágica es una estructura que permite el paso directo de alimento líquido desde el esófago hasta el abomaso (Figura 2b). No existe un consenso sobre cual es el estímulo de la formación del tubo esofágico-omasal (sinónimo de la gotera esofágica). Se sabe que soluciones salinas como una con 10% de bicarbonato de sodio causa la formación del tubo. Pero también se puede lograr lo mismo con soluciones de glucosa. Algunos dicen que es el efecto de mamar el que causa el cierre de la gotera esofágica; pero el agua dada en balde también estimula la gotera esofágica aunque esto sólo es efectivo hasta la octava semana de edad. La leche, sea en balde o en chupón tiene efecto hasta las 12 semanas de edad; después, sólo la leche dada en chupón es efectiva.

Los factores que inciden sobre el desarrollo anatómico del rumen del ternero son:

- Edad .
- Tipo de alimentación
- Nivel de leche

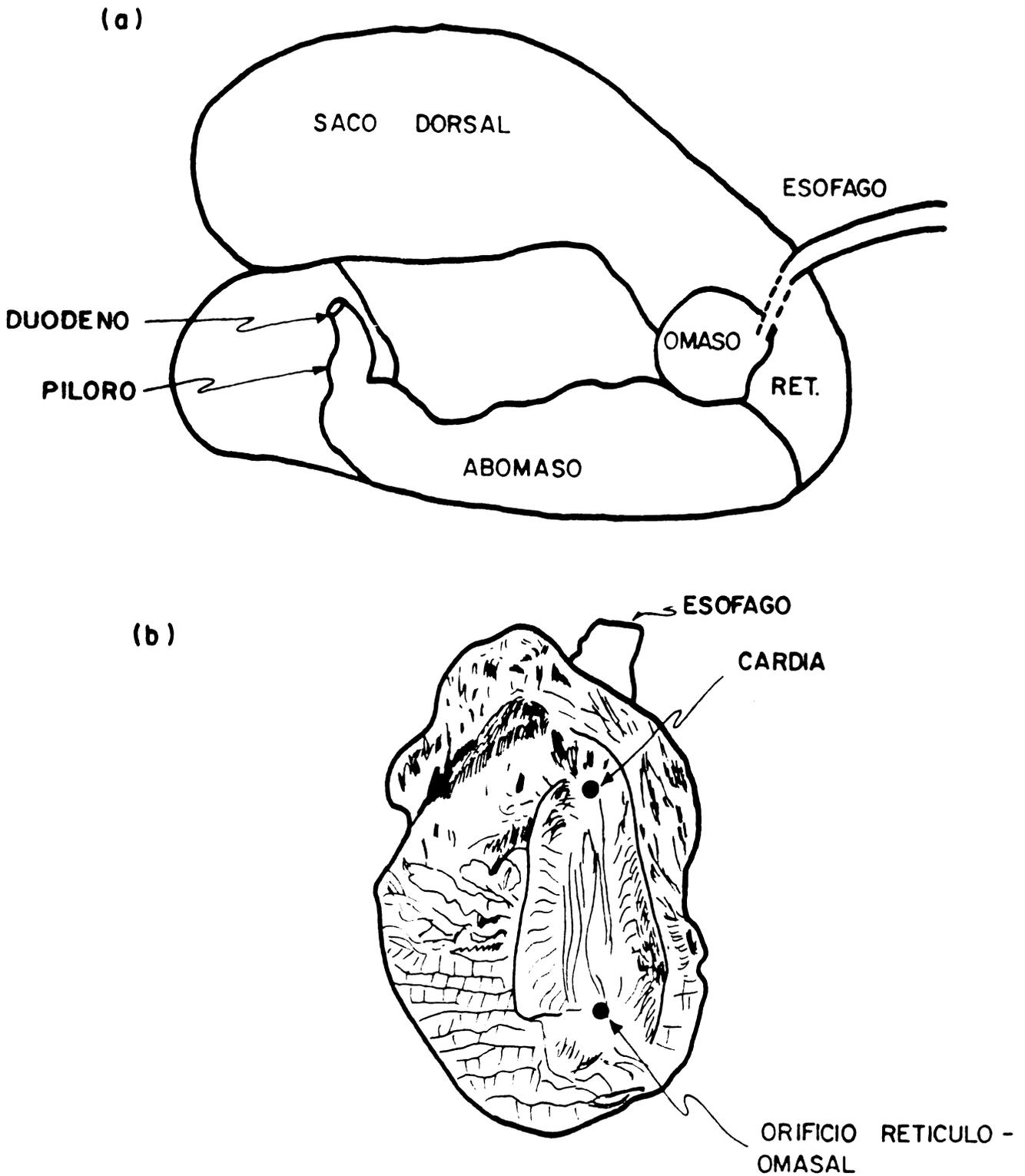


Fig. 2 DIAGRAMAS DEL ESTOMAGO DEL RUMIANTE Y DE LA GOTERA ESOFAGICA

Por ejemplo, Tamate et al. (1962) encontraron que en el ternero que sólo se alimenta con leche, el desarrollo del rumen es muy lento y el grado de desarrollo es definitivamente menor al que se alcanza si se da oportunidad al ternero de consumir, además de la leche, alimentos sólidos y fermentables (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Efecto de edad y ración sobre el aumento en peso de tejido retículo-ruminal (% del peso corporal)<sup>a/</sup>.**

EDAD	RACION	
	LECHE ENTERA	LECHE + HENO+CONC.
2 días	0.48	(0.48)
4 semanas	0.58	1.04
8 semanas	0.58	1.85
12 semanas	0.73	1.78

<sup>a/</sup>Tamate et al. (1962)

Con respecto al nivel de leche, es lógico que a mayor consumo de este alimento menor será el consumo de otros (sólidos y fermentables) y, por lo tanto, menor será el estímulo para el desarrollo del retículo-rumen (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Efecto del nivel de consumo de leche sobre el desarrollo del retículo rumen de terneros sacrificados a las 12 semanas de edad<sup>a/</sup>.**

CONSUMO DE LECHE KG/100 KG PV/DIA	RETICULO-RUMEN % DEL ESTOMAGO	ABOMASO % DEL ESTOMAGO
8	64.1	18.9
10	62.8	19.8
12	60.6	24.0
14	56.9*	28.7

<sup>a/</sup> Kaiser, A.G. (1976)

El desarrollo volumétrico del rumen no es un indicador suficiente del estado de desarrollo del ternero como rumiante verdadero. Es necesario que éste también se desarrolle funcionalmente. Por ejemplo, una de las funciones del rumen es mezclar los alimentos ingeridos con la población microbiana y, otro, el de facilitar la expulsión de alimento no digerido (regurgitación) y digerido (paso al omaso), y un tercero que sería la expulsión de gases evitando así el timpanismo. Todo esto se logra con un rumen físicamente activo lo que en el lenguaje de nutrición es referido como motilidad ruminal. Asai (1973) demostró muy claramente que el desarrollo de la motilidad ruminal es dependiente de tres factores:

- Edad
- Productos finales de digestión
- Naturaleza física del alimento

En el Cuadro 5 se presentan los datos de Asai (1973) que ilustran el interjuego de los tres factores antes señalados.

**Cuadro 5. Desarrollo de la motilidad ruminal en terneros<sup>a/</sup>**

<b>DIETA</b>	<b>MOTILIDAD 1-5 (MAXIMA)</b>	<b>EDAD SEMANAS</b>
Leche entera (LE)	2	14-15
LE, heno, grano	5	3-10
LE oral (O) + Esponjas plásticas (EP) Intraruminalmente (I)	4	7-9
LEO+ácidos grasos volátiles (AGV) I	4-5	10
LEO+EPI+AGVI	5	3-5

<sup>a/</sup> Adaptado de ASAI (1973).

En el Cuadro 5 se nota que si el ternero sólo se alimenta con leche, la motilidad ruminal es muy débil y, en realidad, no hay necesidad de ésta pues la leche ingresa directamente al omaso vía gotera esofágica. Si el ternero se alimenta con forraje y concentrados (además de la leche) la motilidad que se alcanza es máxima y esto se logra a una edad temprana. Ahora bien, la naturaleza de este estímulo consiste en la misma presencia física del alimento sólido (véase el efecto de las esponjas, un material inerte) así como en la presencia de productos químicos resultantes de la fermentación (véase el efecto de los ácidos grasos volátiles).

Finalmente, la funcionalidad del rumen se evalúa por su capacidad para absorber productos finales de digestión y ésto requiere del desarrollo de las papilas que son los orgánulos de absorción. Nuevamente, las diferencias entre terneros que se crían con leche y los que consumen leche, concentrados y forraje es muy notable (Cuadro 6). Aunque no se presentan datos, la correlación entre el desarrollo papilar y la absorción de ácidos grasos volátiles es alta y positiva .

**Cuadro 6. Efecto de edad y ración sobre el desarrollo de las papilas del rumen<sup>a/</sup>**

RACION	EDAD	LARGO MM	NUMERO POR CM <sup>2</sup>
Leche	2 días	0.99	1392
	4 semanas	0.53	601
	8 semanas	0.48	665
	12 semanas	0.46	528
Leche	4	0.79	529
+			
Heno	8	1.54	245
+			
Conc.	12	2.46	173

<sup>a/</sup>Tamate et al. (1962).

Si se sigue un programa de alimentación que incluya el uso de alimentos sólidos, el ternero debe alcanzar su estado de rumiante a las cuatro semanas, aunque se ha encontrado que existe variabilidad en la habilidad para la transformación de un estado monogástrico a uno rumiante, como se observa en los datos de Baccari et al. (1978) en un estudio de terneros criados en corral y pastoreo, es decir, con alimentación mixta (Figura 3).

La idea detrás de un rápido desarrollo del rumen en el ternero puede resumirse en el siguiente listado de ventajas:

- Se obtiene un menor uso de leche y, en consecuencia, mayor ingreso por concepto de venta de este producto.
- Aunque inicialmente se obtenga una menor tasa de crecimiento del ternero, al reducir la cantidad total de leche, en etapas posteriores hay una compensación debido a la adaptación a los alimentos sustitutivos (véase, por ejemplo, el artículo de Kaiser, 1976).

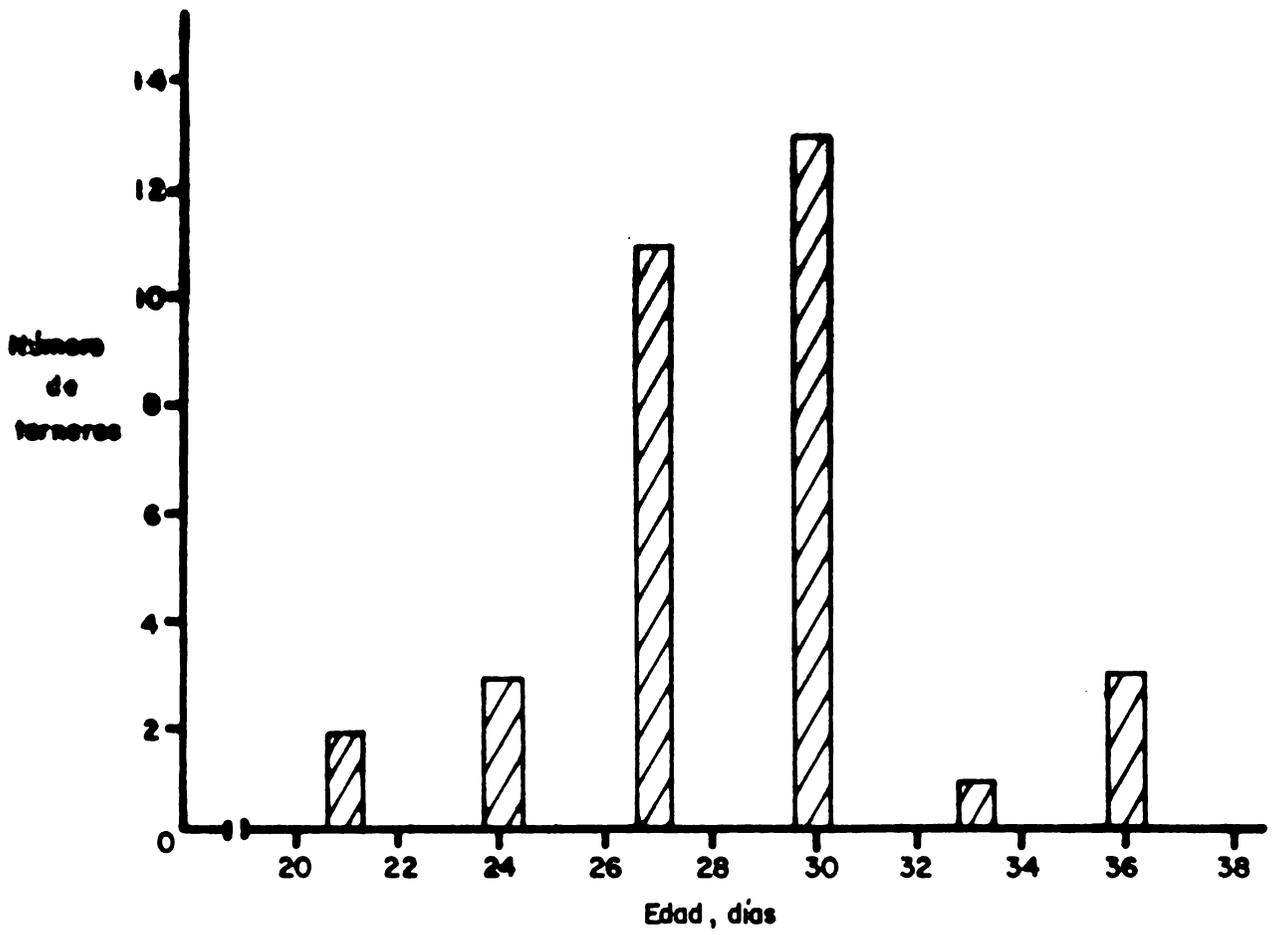


Fig. 3 Distribución de la frecuencia de terneros que inician la rumia, en regimen de semiestabulación (Baccari et al, 1978)

Aunque en el ternero cuyo desarrollo ruminal se esté promoviendo, tiene una menor eficiencia biológica en la utilización de nutrientes dietéticos, desde el punto de vista económico es más eficaz el ternero ruminante que el no-ruminante. Esto es debido al bajo costo relativo de los nutrientes en alimentos sólidos que los de la leche.

### El uso del calostro

El calostro es la secreción mamaria que ocurre poco antes de la parición y se prolonga hasta unos 3 a 5 días después. Es más denso que la leche y posee grandes virtudes nutricionales y sanitarias (Cuadro 7).

**Cuadro 7. Comparación entre calostro de las primeras 24 horas post-parto y la leche de vacas Holstein<sup>a/</sup>**

	CALOSTRO	LECHE
Grasa %	3.6	3.5
Sólidos no grasos, %	18.5	8.6
Proteína, %	14.3	3.2
-Caseína, %	5.2	2.6
-Albumina, %	1.5	0.5
-Inmunoglobina, %	6.2	0.1
Lactosa, %	3.1	4.6
Ceniza, %	1.0	0.8
-Calcio, %	0.26	0.13
-Fósforo, %	0.24	0.11
Carotenos, mg/g grasa	35	7
Vitamina A, mg/g grasa	45	8
Vitamina D, UI/g grasa	1.4	0.6
Vitamina E, mg/g grasa	125	20
Riboflavina, mg/100 g	450	150

<sup>a/</sup>Roy, J.H.B. (1970).

Lamentablemente, el calostro sufre cambios drásticos en su composición en los pocos días en que se produce. Como ilustración, si el calostro, al primer ordeño, contiene entre 14 y 20% de proteína ya al cuarto ordeño esta concentración ha bajado a sólo 4.2-4.4%. De modo que la idea de que el calostro es siempre muy superior a la leche es relativa y, más bien, el énfasis de su uso debe ser más que todo por su valor inmunológico.

La vaca no transmite inmunidad al ternero por vía placentaria; por lo tanto, el ternero nace sin anticuerpos y es totalmente indefenso contra infecciones. El medio por el cual la vaca imparte al ternero es el calostro el que contiene gama-globulinas y anticuerpos asociados a estas proteínas.

Sin embargo, el ternero debe consumir el calostro en las primeras horas de vida para que realmente pueda adquirir su beneficio. Algunos estiman que la capacidad del ternero para absorber las gama-globulinas por pinocitosis se mantiene sólo en las primeras 24 horas. Otros establecen un límite de 36 horas. En todo caso, el ternero adquiere de inmediato un alto nivel de gama-globulina tan pronto ocurre el amamantamiento. (Cuadro 8).

**Cuadro 8. Concentración de gama-globulinas en el suero sanguíneo de terneros que ingieren calostro, datos en g %<sup>a/</sup>**

EDAD	RAZA	
	HOLSTEIN	3/4 HOLSTEIN 1/4 CEBU
Recién nacido (sin ingerir calostro)	0.26	0.00
12 horas	1.87	1.47
24 horas	2.14	1.61
48 horas	2.16	1.51
72 horas	1.90	1.55

a/ Mohar, F. et al. (1974).

Si no hay ingestión calostrual, las probabilidades de muerte por colisepticemia aumentan. Por ejemplo, Ruiz et al. (1981) encontraron una alta mortalidad en terneros impedidos de tomar calostro (Cuadro 9). En el mismo trabajo, se halló que no importaba si el ternero tomaba calostro por uno, tres o cinco días en cuanto a sobrevivencia se refiere, evidenciándose que sólo se requiere un día de calostrado para impartir las defensas apropiadas al animal y su crecimiento normal.

**Cuadro 9. Incidencia de muertes en terneros en función de días de calostro <sup>a/</sup>**

	DIAS DE CALOSTRO			
	0	1	3	5
Número inicial de terneros	12	12	13	11
Muertes	6	0	0	1
Ganancia de peso de los animales vivos, G/día	361	404	374	405

<sup>a/</sup>Ruiz, M.E., Medina, R. y Pérez, E. (1981).

Algunos han propuesto que en caso de excesos de calostro, por ocurrencia natural o planificada, que éste se use fermentado como alimento. Los resultados han sido contradictorios y no es posible por ahora dar un dictamen sobre la idea.

#### El inicio del pastoreo

Aún cuando se ha buscado una reducción en el uso de leche, con el consiguiente uso de pasto y concentrado, la crianza de terneros en las explotaciones lecheras ha sido, en su mayor parte, en confinamiento. Durante el período de confinamiento el animal se desarrolla normalmente si se toman las medidas sanitarias adecuadas. Sin embargo, al salir el animal a pastoreo por primera vez a los 6-8 y aún 12 meses de edad, es invariable que este animal sufrirá en forma dramática el impacto de enfermedades y parasitismos propios del pastizal tropical, especialmente en climas tropicales húmedos.

Según la experiencia en el CATIE, en Costa Rica, muchas veces el estrés o penuria de pastoreo ha sido tal que ha hecho necesario el reingreso del animal a la fase previa de confinamiento. De allí proviene parte de la demora en lograr animales que alcancen edad productiva a un plazo normal. Quizás por experiencias similares a las del CATIE, los productores son generalmente reticentes a la idea de sacar sus terneros a pastoreo a edad temprana. Esto contrasta con experiencias en Gran Bretaña (Armstrong *et al.*, 1954; Chambers, 1959) en que se desarrolló la práctica del pastoreo a edades de dos a tres semanas. Precisamente Armstrong *et al.* (1954) encontraron que al iniciar el pastoreo a edad precoz, terneros Ayrshire llegan a adquirir la misma habilidad, a las 10-12 semanas de edad, que ruminantes adultos en cuanto al uso del pasto. Por ejemplo, la digestibilidad in vivo de la M.S. del pasto fue de 75% y el de la celulosa 84%.

Con estos antecedentes, Torralba (1972 ) condujo un trabajo en que se reducía la edad de salida a la pradera a los 3.5 meses de edad, encontrando un mejor comportamiento de pastoreo que terneros que anteriormente salían a pastorear cuando cumplían los 5-7 meses de edad. Esta experiencia dió origen a que se estableciera en el CATIE (Ruiz *et al.*, 1973) una modificación en el programa de cría de terneros que incluía su inicio al pastoreo a los 3.5 meses de edad lo que resultaba en ganancias individuales de 500 g/día.

Más recientemente, J. Leal, R. Armendariz y F. Flores, estudiantes graduados del IICA, en Turrialba, realizaron tres experimentos similares con el objetivo de reducir aún más la edad de salida al pastoreo. El Cuadro 10 muestra el desempeño de los terneros al salir a las 2, 6, 10 ó 14 semanas de edad a potreros de pasto pangola (*Digitaria decumbens* var. Transvaal). La leche se limitó a 180 kg/ternero destetándose a las 8 semanas de edad.

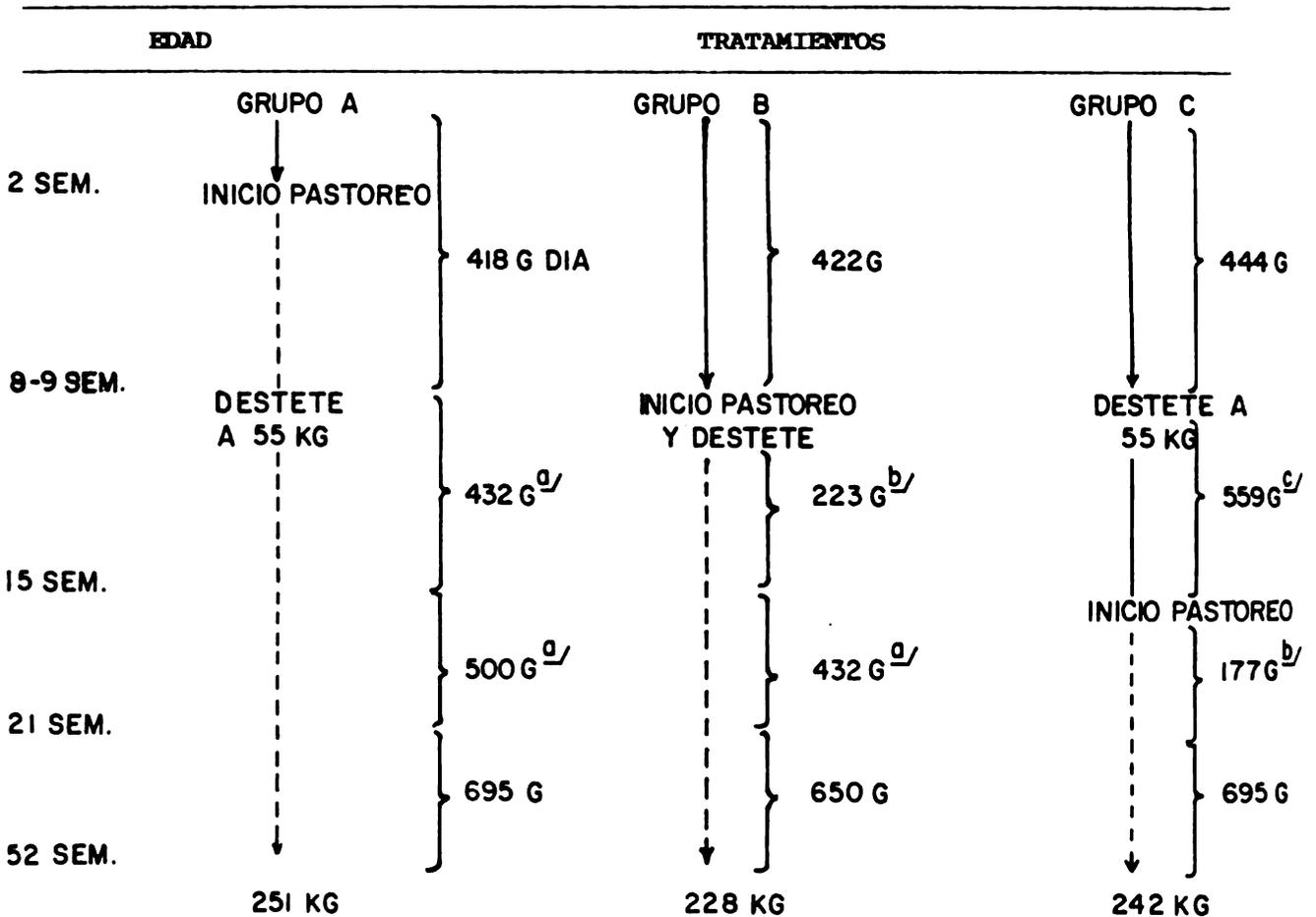
**Cuadro 10. Efecto de la edad de iniciación en pastoreo y período de descanso del pasto sobre la ganancia de peso en terneras de lechería, g/día<sup>a/</sup>**

PERIODO DE DESCANSO DIAS	EDAD DE INICIACION EN PASTOREO, SEM.				
	2	6	10	14	PROMEDIO
21	314	296	262	399	318
42	401	282	248	296	307
<b>PROMEDIO</b>	358	289	255	348	312

<sup>a/</sup>Ruiz, M.E. *et al.* (1980).

Gorrill (1967) ha demostrado la conveniencia de la iniciación temprana del pastoreo y advierte que la iniciación del pastoreo no debe coincidir con el destete pues el estrés conjunto debilita al animal y lo haría susceptible a enfermedades. En el Cuadro 11, se destaca el crecimiento sostenido que se logra con un inicio precoz del pastoreo y una eliminación de la alimentación láctea a los dos meses de edad, en contraste con otras situaciones. Véase que el grupo C no tiene coincidencia de destete con iniciación del pastoreo pero este último se hace a una edad relativamente tardía y se nota la reacción del animal en una depresión del crecimiento.

**Cuadro 11. Iniciación del pastoreo a diferentes edades del ternero<sup>a/</sup>**



1 SEM. → DESTETE : 3.6 KG LECHE / DIA

ANTES DE INICIAR PASTOREO : 1.4 KG / DIA DE UN INICIADOR CON 24% P C

PASTO : TIMOTHY, KENTUCKY BLUE GRASS Y TEBOL BLANCO

<sup>a/</sup> Gorrill, A.D.L. (1967).

El ternero que se inicia en el pastoreo a edad temprana muestra mayor habilidad de consumo, por más horas en el día, que el ternero que se inicia a una edad tardía. Además, aparentemente el ternero mientras más joven sea tiene más habilidad para desarrollar sus defensas inmunológicas. Quizás por estas razones, es posible obtener excelentes ganancias de peso al avanzar la edad del animal. Por ejemplo, Ruiz (1980) informó de ganancias de 686 a 753 g/día en terneras de 6 a 12 meses de edad que se habían iniciado en el pastoreo a los 3.5 meses de edad (Cuadro 12). Un desarrollo así permitiría el empadre

de estos animales a los 12-14 meses de edad demostrándose que en el trópico húmedo es factible establecer un sistema de crianza de terneras sin grandes limitaciones bio-económicas.

**Cuadro 12. Consumos y costos de alimentación de terneras en la fase de 100 a 200 kg de peso vivo en pastoreo desde los 3 1/2 meses de edad, en el trópico húmedo<sup>a/</sup>**

	HORAS PASTOREO			
	6	8	10	12
Ganancia diaria, g	753	727	686	698
MS total consumida por cada 100 kg de peso vivo	3,68	3,54	3,43	3,20
Días para ir de 100 a 200 kg	136	140	150	151
A) Costo debido al conc. <sup>b/</sup>	29,6	27,2	27,0	18,0
COSTO DE ALIMENTACION B) Costo debido al pasto US\$	9,7	11,6	11,9	17,3
C) Costo total	39,2	38,8	38,9	36,0

<sup>a/</sup> Ruiz, M.E. (1980).

<sup>b/</sup> El concentrado fue consumido a razón de 2.28, 2.02, 1.89 y 1.21 kg M.S./100 kg PV/día para los tratamientos de 6, 8, 10 y 12 horas de pastoreo diario. La composición del concentrado fue : melaza 56%, torta de algodón 21.5%, maíz 18.5%, harina de hueso 2%, sal 2%.

## **El sistema CATIE, Costa Rica**

### Características generales

En resumen, el sistema involucra:

- a) El uso del pasto tan pronto es posible con seguridad para el animal,
- b) El control estricto de la salud y,
- c) El uso de subproductos como suplementos del animal.

Como consecuencia, se estima que el costo de crianza hasta el momento de inseminación no supera los US\$100.00. Además, en vez de usar 600 litros de leche como se hacía antes en el CATIE, y como lo hacen muchos productores, ahora se usan 180 litros. Es decir, en la actualidad por cada ternera criada se está vendiendo 420 litros más de leche comparado con el plan anteriormente usado.

Finalmente, la adaptación precoz del animal al pastoreo y un control nutricional y sanitario adecuado ha permitido un desarrollo continuo del animal y ahorrado consecuentemente, 1 año de alimentación. Con este sistema, las vaquillas pueden parir a los 2 años en vez de 3 o más años de edad.

### Etapas

- a) Nacimiento al 5 día de edad.

Si las vacas no presentan problemas en el ordeño por causa de la ausencia del ternero, es preferible dejar al recién nacido con la madre durante 3 ó 4 días. Durante este período el ternero obtendrá el calostro directamente de la madre.

Si el tipo de vaca no permite la práctica anterior, por efectos negativos al separarla totalmente del ternero durante el ordeño, entonces se hace necesario quitar el ternero el mismo día del nacimiento. La crianza se hace en una becerrera donde se ofrece el calostro durante los primeros 3 a 5 días de vida. Es extremadamente importante que el calostro se ofrezca lo más pronto posible.

La cantidad de calostro a dar debe ser de 8 a 10% del peso del animal/día, dividido en dos alimentaciones, a temperatura de 36 a 38°C.

- b) 5<sup>a</sup> día de edad hasta los 2 meses.

Durante este período, la alimentación consiste en leche entera, a razón de 3 1/2 l/ternero/día, en dos tomas, un concentrado a discreción y pasto. El concentrado no incluye ingredientes de origen lácteo. En el Cuadro 13 se presentan cuatro ejemplos de raciones que

se pueden usar en esta etapa.

**Cuadro 13. Ejemplos de sustitutos de leche para terneras**

INGREDIENTES	RACIONES			
	A	B	C	D
Maíz	19	30	43	43
Harina de Soya	10	-	-	-
Harina de Pescado	20	20	20	-
Torta de Algodón	20	-	-	-
Harina de Carne	-	25	22	42
Melaza	12	12	12	12
Sebo	15	10	-	-
Sal	1	1	1	1
Harina de Hueso	1	-	-	-
Nuvimix	2	2	2	2

%PC: 25

La decisión sobre cual de estos sustitutos a usar dependerá de la economía y facilidad de preparación de ellos. En el caso de los sustitutos A y B, el uso del sebo puede ser engorroso dado que éste requiere que sea fundido para añadirlo a la mezcla. Además, se tiene que añadir un antioxidante si la mezcla se hace para períodos de una semana o más. Por otro lado, el uso de sebo puede significar una gran economía dado que éste contiene cerca de 3 veces la cantidad de energía que contiene cualquier grano.

Si la decisión es emplear sebo, la proporción de sebo no debe exceder el 15% ni ser menor del 10% de la ración. Entro estos dos niveles se consigue una máxima eficiencia de utilización del sustituto y una ganancia de peso aceptable. Si se usa una ración con sebo, el nivel de calcio no debe sobrepasar el 10% de la ración, por la alta proporción de formación de jabones insolubles en el tracto digestivo. Nótese que al usar harina de carne y hueso, al 42%, no hay necesidad de añadir harina de hueso.

Al inicio (primera semana de vida del ternero), el animal no consumirá el sustituto, si éste es dado seco. Sin embargo, gradualmente lo hará y para la tercera semana de edad ya estará consumiendo 0.5 kg/día.

A la primera o segunda semana de edad, se saca al ternero a pastorear 8-10 horas diarias (por ejemplo, de 8:00 a.m. a 4:00 p.m.). Se regresa el animal a la becerra a que consuma leche y sustituto, éste último en cantidades libres.

El pastoreo debe ser en potreros de buen pasto y para uso exclusivo de terneros. Dada la alta selectividad que exhiben los terneros en pastoreo, la rotación debe ser cada 2 días. El período de descanso depende de la carga, del pasto y la época del año. En pasto Estrella, bajo condiciones de Turrialba, el período de descanso ha sido de 18 días. Para Pangola o Transvala, se ha usado 21 días aunque no ha habido diferencias notables entre 21 y 42 días de descanso en el caso del Pangola. La carga para terneros de 4 semanas hasta 12 semanas de edad ha sido de 60 animales/ha.

Obviamente, el factor sanidad es crítico en el período de iniciación en pastoreo. Además de buscar economía de la alimentación mediante el uso de pastoreo a edad precoz, también se desea desarrollar inmunidad en los animales en forma rápida y eficiente. Según experiencias, mientras más joven sea el ternero en su iniciación al pastoreo, más adaptable y resistente es a las condiciones y enfermedades propias del pastoreo.

El control de garrapatas y el control del gusano del pulmón son los dos objetivos principales en el manejo sanitario.

El control de garrapatas no es totalmente estricto. Se permite (a propósito) cierto grado de infestación para que el animal se exponga al anaplasma y piroplasma. El control se realiza cada 15 a 28 días, dependiendo del estado del animal. Este control se hace mediante baños con Asuntol y Neguvon alternadamente: también habrá necesidad de aplicar los vermífugos Ripercol (Cynamid) y Certuna (Bayer) en forma alternada cada 21 a 30 días para controlar parásitos gastrointestinales y pulmonares respectivamente.

Un programa sanitario que está en vías de incorporación al Sistema CATIE, se puede resumir así:

- Hacer la prueba Sloss al 20% de los animales una vez al mes, para establecer el número de huevos de helmintos y gastrointestinales por gramo de materia fecal (HPG).
- Hacer la prueba Baerman una vez al mes al 20% de las terneras para establecer la presencia de larvas de dictyocaulus.
- Hacer la prueba del hematocrito una vez al mes al 20% de las terneras.
- Pesar los animales una vez al mes.
- Aceptando que las ganancias de peso están dentro de los límites normales y que los valores de hematocrito son normales, se harán evaluaciones de las cargas de parásitos encontrados según los resultados de la prueba de Sloss. Tentativamente, podrían aceptarse como "cargas tolerables de parásitos" cuando los recuentos totales estén entre 200 y 400

huevos por gramo de materia fecal (HPG =  $300 \pm 100$ ). Cuando el HPG sobrepase los 400 sería necesario ver si se necesita un tratamiento antiparasitario.

Es de anotar que cuando se trate de coccidios, los síntomas clínicos y los recuentos de oocistes en la materia fecal (Técnica de Sloss) podrían indicar la necesidad de tratamiento específico.

- Cuando uno de los animales del grupo resulte positivo a dictyocaulus según la técnica de Baerman, todos los animales en cría deben ser tratados con un producto que sea selectivo contra dictyocaulus como el Certuna (Bayer).
- La vacuna contra Brucelosis debe aplicarse a los 4 meses de edad en las hembras solamente.
- La vacuna contra Carbón sintomático (Vacuna triple) debe ser aplicada a los 3 meses de edad y repitiéndola a los 9 meses.
- La vacuna contra carbón bacteridiano (causado por Bacillus anthracis) se debe aplicar a los 6 meses y repetirla anualmente.
- Las medidas sanitarias para prevenir las enteritis y neumonía de los recién nacidos deben ser aplicadas cuidadosamente.

En esta etapa, la ganancia de peso de los terneros debe estar alrededor de 400 g/día según observaciones de Ruiz et al. (1973).

c) De los 3 hasta los 6 meses de edad.

Esta etapa comienza con un destete brusco, súbito, y se mantiene la ración de la etapa anterior por dos meses más. El pastoreo continúa con las indicaciones antes dadas así como el programa sanitario. En esta etapa es necesario establecer un límite de consumo del concentrado al 2% del peso vivo a fin de estimular el consumo de pasto pero asegurando que el animal no pierda condición por escaso consumo de concentrado.

Según experiencias en fincas de la Florida, E.E.U.U.; se prefiere que existan dos unidades de cría de becerros, muy apartes una de otra, con el propósito de establecer una rotación semestral de potreros y becerrerías y romper así ciclos de parásitos.

Al cuarto mes de edad, la ración puede cambiarse a una más barata. Un ejemplo es el que se presenta en el Cuadro 14.

**Cuadro 14. Suplemento para terneras de 4-6 meses en pastoreo**

<b>INGREDIENTES</b>	<b>% ( AL NATURAL )</b>
Harina de algodón	28
Maíz molido	10
Harina de pescado	11
Sebo	17
Melaza	30
Sal	22
Harina de hueso	2

Contiene 100% NDT y 20% P.C.

Ruiz et al. (1973) informan que en la etapa de 4 a 6 meses de edad los terneros ganan 500 g/día, basados en observaciones de tres años.

d) De los 7 meses hasta el año de edad .

Nuevamente se realiza un cambio en la ración a fin de abaratar la alimentación total. Una ración adecuada es la que se describe en el Cuadro 15.

**Cuadro 15. Suplemento para hembras de reemplazo entre 100 y 200 kg de peso (7-12 meses de edad)**

<b>INGREDIENTES</b>	<b>% ( AL NATURAL )</b>
Melaza	56
Torta de algodón	21.5
Maíz	18.5
Harina de hueso	2
Sal	2
Vitaminas inyectadas	-

En este período, las terneras se han adaptado totalmente al pastoreo y, aunque permanecen susceptibles al gusano de pulmón, ya se manifiesta cierto crecimiento compensatorio. Esto es observable en el Cuadro 16 que se deriva del Cuadro 12.

**Cuadro 16. Comportamiento de terneras lecheras en pastoreo desde los 100 a los 200 kg de peso vivo (7-12 meses de edad)**

---

Horas de pastoreo/día	12
Ganancia de peso/día	700 g
Días para ir de 100 a 200 kg	150
Materia seca consumida por cada 100 kg de peso vivo/día	
a) Pasto	1.3
b) Suplemento	1.9

---

Recientemente se ha venido empleando una ración más barata y que incluye urea. Los componentes son: Melaza (65%), Maíz (22%), Carnarina (9%), Sal (1%), Harina de hueso (1%) y Urea (2%). Sin embargo, las ganancias de peso son de 550-600 g/día, ligeramente menor que las logradas con la ración del Cuadro 15. Otra ración, mucho más sencilla, consiste de melaza con 3% de urea, limitándose su consumo a 2 kg/animal/día.

Obviamente, con la velocidad de desarrollo en estos 6 meses, las novillas llegarán a un peso de 220 kg al año de edad. Para razas como Jersey, Criollo y cruzas de Ayrshire y Rojo Danés, este peso es adecuado para iniciar la inseminación. En pruebas realizadas en los últimos 3 años, novillas lev<sup>\*</sup>tadas con esta secuencia de alimentación necesitaron 1.85 servicios por preñez lo cual no es significativamente diferente del promedio para el hato lechero (200 vacas) de la Estación Experimental del CATIE.

Hasta este punto se ha descrito la alimentación, cuidado sanitario y manejo de la ternera hasta el año de edad. En resumen, el programa alimentario y manejo se muestra en la Figura 4 (Ruiz et al., 1980).

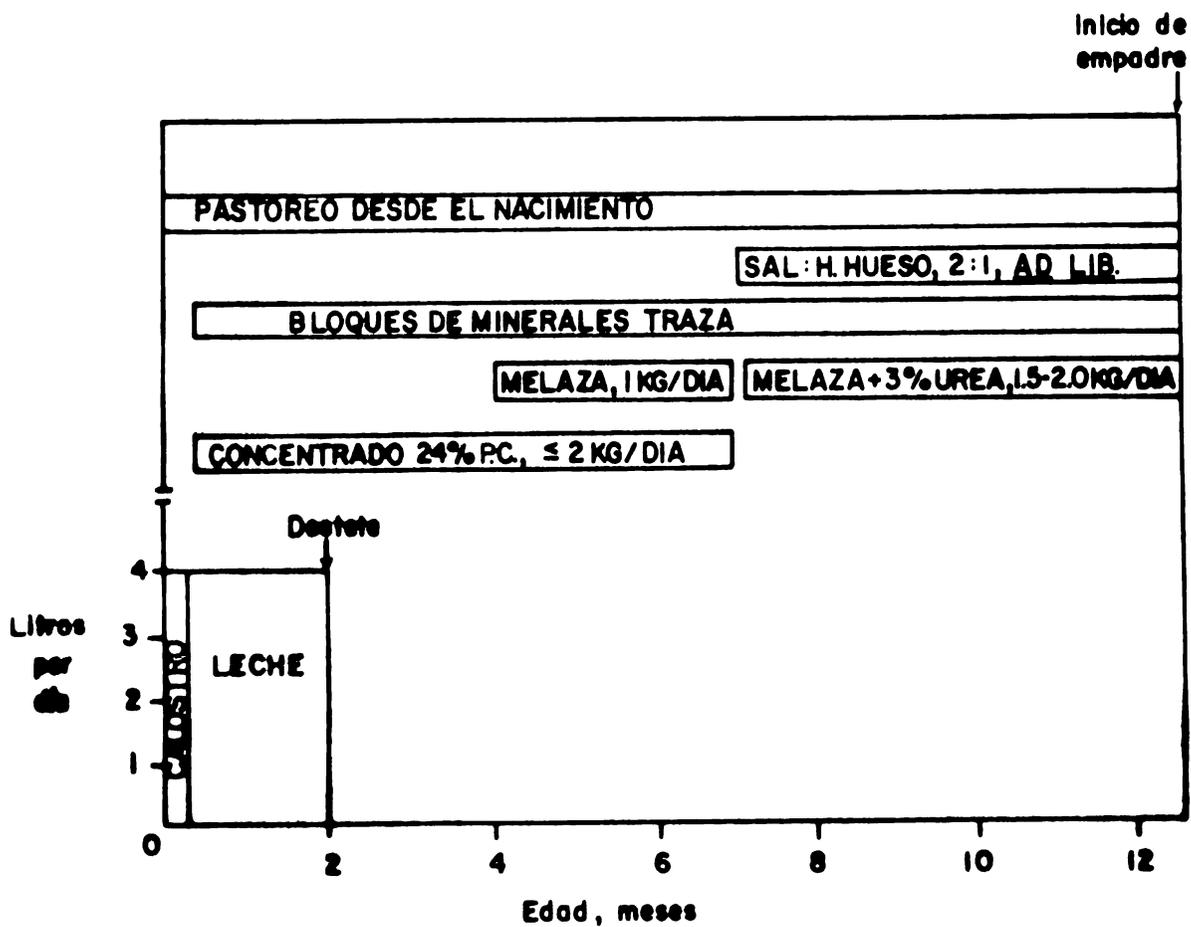


Fig. 4 Esquema del sistema de alimentación de terneras usado en el CATIE (Ruiz et al., 1980)

e) Un año de edad hasta la parición.

En este período, la suplementación continúa dado que el animal aún se está desarrollando y, además, hay formación de feto. Sin embargo, la suplementación es simple y limitada a 2 kg/cabeza/día. Una posibilidad es usar el suplemento indicado en la Figura 4 (melaza y urea) o una mezcla de melaza (72%), urea (4%), maíz (22%), sal y hueso. Este último suplemento es indudablemente superior a la melaza/urea.

### El sistema INCAP, Guatemala

En realidad el sistema que se describe a continuación lo desarrolló el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá en Guatemala, con el propósito de criar terneros machos de lechería que usualmente se sacrifican o venden debido a que el costo de cría generalmente es contraproducente. Sin embargo, los resultados han sido tan satisfactorios que bien puede aplicarse a la cría de terneras. Lo que sigue se basa en el trabajo de Cabezas y Sahlí (1976).

a) Generalidades de manejo.

Los terneros se separan de sus madres y se alojan en corrales individuales e higiénicos, portátiles o instalados dentro de un establo techado y provisto de suficiente ventilación. En este último caso los terneros son trasladados diariamente a un corral abierto para que reciban sol y hagan ejercicio.

Después de ser destetados a los dos meses de edad, se les traslada a corrales abiertos provistos de un área techada, con piso de cemento y comederos comunes, con capacidad para un máximo de 15 animales y donde cada animal dispone de un área mínima de 4 m<sup>2</sup>. Es esencial que los animales sean agrupados de acuerdo a su edad y constituir así lotes homogéneos con el fin de que el concentrado que ha de estar racionado, no sea consumido por los animales más agresivos.

Durante esta etapa se mantiene vigente una higiene estricta y un programa completo de control de parásitos y enfermedades, sobre todo durante las primeras semanas de vida del ternero cuando éste es tan susceptible a las infecciones digestivas y respiratorias. Los animales tienen acceso libre todo el tiempo a una mezcla de sal mineralizada y reciben cantidades suficientes de agua. Además, cada mes se les administra dosis intramusculares de 1.000.000, 150.000 y 100 Unidades Internacionales de las vitaminas A, D, y E, respectivamente.

b) Del nacimiento hasta los 4 meses de edad.

El programa de alimentación del INCAP se expone en el Cuadro 17.

**Cuadro 17. Alimentación diaria de los terneros hasta los cuatro meses de edad. (programa de INCAP)**

EDAD EN SEMANAS	LECHE ENTERA, L (2 PORCIONES) <sup>a/</sup>	INICIADOR 1 g (2 PORCIONES) <sup>b/</sup>	INICIADOR 2 16-o/o PROT.	HENO
1	2		A voluntad	
2	3		↓ Hasta un máximo de 3kg	
3	3	144		
4	3	144		
5	2	144		
6	2	144		
7	2	144		
8	1	144		
Destete				

a/ Después de los primeros 5 días de edad.

b/ Diluido en la proporción de 144 g/litro de agua. Se administra mezclado con la leche.

Con el fin de reducir al máximo el consumo de leche, se ofrece a los animales pequeñas cantidades de este alimento, independientemente de su peso individual. Además, a partir de la tercera semana, parte de la leche es substituida por el concentrado llamado iniciador 1, cuya fórmula se describe en el Cuadro 18.

**Cuadro 18. Composición de los concentrados iniciadores para terneros según el programa del INCAP. (Expresada en g/100g)**

	INICIADOR 1	INICIADOR 2
Harina de algodón <sup>a/</sup>	50,0	26,0
Granillo de trigo	35,2	-
Afrecho de trigo	-	25,2
Melaza de caña	10,0	16,0
Heno molido	-	28,0
Hueso molido	2,1	2,1
Carbonato de calcio	1,5	1,5
Sal	0,5	0,5
Elementos menores + vitaminas	0,2	0,2
Aurofac 10	0,5	0,5
Total	100,0	100,0

a/ Obtenida mediante el proceso de pre-prensa solvente.

El iniciador 1 contiene alrededor de 27% de proteína cruda y 7% de fibra cruda, se administra mezclado con la leche, para lo cual antes se muele finamente tamizándolo a un grueso de 60 mallas y después es diluido en agua a razón de 144 g por litro de leche. Si no se desea o no se puede utilizar este concentrado, puede substituirse con una cantidad equivalente de leche. El alimento líquido se suministra en dos porciones iguales al día, una por la mañana (8:00 a.m.) y la otra por la tarde (4:00 p.m.).

Desde la primera semana se ofrece en comederos individuales el iniciador 2, que es un concentrado de menor calidad y de una textura más tosca que la del iniciador 1, cuya composición se muestra en el Cuadro 18. Este concentrado se proporciona ad libitum hasta el destete, posteriormente, y hasta los 4 meses, su consumo es limitado a un máximo de 3,0 Kg/día. Al mismo tiempo, a partir del destete se suministra ad libitum heno de gramíneas o cualquier otro forraje seco de buena calidad que contenga por lo menos 5% de proteína cruda y 50% de nutrientes digeribles totales (NTD).

En el Cuadro 19 se muestran los resultados obtenidos con terneros machos Holstein. Con los datos del Cuadro 19 se hicieron unos análisis económicos que indicaron que el costo por kg de aumento de peso del ternero fue de US\$0.64.

**Cuadro 19. Comportamiento de terneros Holstein (machos) hasta los cuatro meses de edad. (Programa del INCAP).**

	EDAD DE LOS TERNEROS (MESES) <sup>a/</sup>		
	0 - 2 <sup>b/</sup>	2 - 4	0 - 4
Peso inicial, kg	34.9	63.5	
Peso final, kg	63.5	98.2	
Aumento de peso, kg			
Total	28.6	34.7	63.4
Por día	0.5	0.6	0.54
Consumo de alimento, kg			
Total			
Leche entera	126		126
Iniciador 1	6		6
Iniciador 2	81.7	150	231.5
Heno		68	68
Por día			
Leche entera	2.1	-	1.0
Iniciador 1	0.1	-	0.05
Iniciador 2	1.4	2.5	2.0
Heno	-	1.1	0.6
Conversión alimenticia <sup>c/</sup>	3.6	5.9	5.1

<sup>a/</sup> Después de los primeros 5 días de edad.

<sup>b/</sup> Destete fue a los 2 meses.

<sup>c/</sup> Conversión alimenticia =  $\frac{\text{kg de alimento seco}}{\text{kg de aumento de peso}}$

El sistema no va más allá de los 4 meses de edad del ternero pudiendo aquí adoptarse las etapas correspondientes del sistema CATIE.

**El sistema CEDA, El Salvador**

El sistema desarrollado por el Centro de Desarrollo Agropecuario (ahora Centro de Ganadería) de El Salvador, comparte con el sistema del INCAP las mismas generalidades de manejo. El destete se hace a las ocho semanas y en el lapso predestete se usa leche entera al inicio y leche descremada en las pastrimerías del período predestete. El programa de alimentación se describe en el Cuadro 20.

**Cuadro 20. Alimentación diaria de los terneros hasta los cuatro meses de edad (Programa del CEDA)**

EDAD EN SEMANAS <sup>a/</sup>	LECHE ENTERA (2 PORCIONES)	LECHE DESCREMADA (2 PORCIONES)	INICIADOR COMERCIAL 18 - o/o PROT.	HENO
1	10-o/o del peso		A voluntad	A voluntad
2	↓		↓	↓
3				
4				
5		10-o/o del peso		
6		↓		
7				
8				
Destete ↓ 17			Hasta un máximo de 2,3 kg ↓	↓
Cantidad total, kg	136	159	191	93

<sup>a/</sup>Después de los primeros 5 días de edad.

Como se esquematiza en el Cuadro 20, la leche entera se suministra hasta la cuarta semana y luego se reemplaza por leche descremada hasta que se completen los dos meses de edad. Simultáneamente se ofrece un concentrado ad libitum conteniendo 18% de proteína. La bondad del sistema se aprecia al comparar las ganancias de peso de terneras Jersey y Holstein con los patrones del NRC (1978), indicado en la Figura 5.

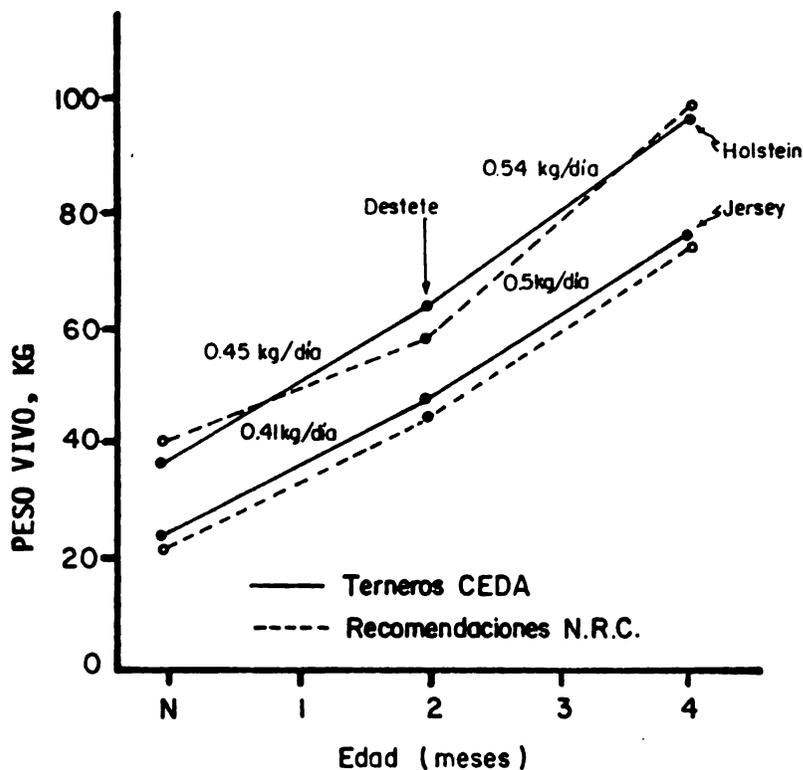


Fig.5 Crecimiento de terneras Holstein y Jersey, según el sistema CEDA (Cabezas y Sahlí, 1976)

Como es fácil apreciar, no se detectan diferencias con los estándares del NRC y se puede asegurar un desarrollo vigoroso de los animales. En el Cuadro 21 se muestran las cantidades de alimentos consumidos por terneras Holstein desde el quinto día de edad hasta los cuatro meses.

**Cuadro 21. Comportamiento de terneras Holstein hasta los cuatro meses de edad (Programa del CEDA) <sup>a/</sup>**

	EDAD DE LOS TERNEROS EN MESES <sup>a/</sup>		
	0 - 2 <sup>b/</sup>	2 - 4	0 - 4
Peso inicial, kg	36	63	36
Peso final, kg	63	96	96
Aumento de peso, kg			
Total	27	33	60
Por día	0.4	0.5	0.5
Consumo de alimento, kg			
Leche entera	136	-	136
Leche descremada	159	-	159
Iniciador comercial	54	136	190
Heno	11	82	93
Por día			
Leche entera	4.5	-	1.1
Leche descremada	5.3	-	1.3
Iniciador comercial	0.9	2.3	1.6
Heno	0.2	1.4	0.8
Conversión alimenticia	3.6	6.6	5.3

a/ Después de los primeros 5 días de edad.

b/ Destete

c/ Conversión alimenticia =  $\frac{\text{kg de alimento seco}}{\text{kg de aumento de peso}}$

a/ Cabezas, M.T. y Sahlí, E. (1976).

El costo de la alimentación, en el período en que consumen leche es de US\$1.6/kg de aumento de peso. Este índice se reduce a US\$0.90 cuando dejan de tomar leche.

#### El sistema IDIAP, Panamá

Este es un procedimiento que guarda semejanza con el del CATIE. Sin embargo, existen diferencias importantes como es el uso de un sustituto de leche basado en productos de origen lácteo (leche en polvo, básicamente). El siste-

ma se ha usado con éxito en la cría de terneras hijas de vacas Holstein x Cebú; ésto explica por qué se busca una separación de la ternera a las 24 horas de haber nacido. No se tienen datos de comportamiento de los animales por lo que sólo se muestra en forma escueta la secuencia del manejo alimentario (Cuadro 22) sin mayores comentarios.

**Cuadro 22. Sistema IDIAP para la cría de terneras de reemplazo de lechería**

---

- a. Separación de la madre: 24 h de edad
- b. 0-5 días : Calostro ad libitum hasta un máximo de 5.6 l sin que cauce disturbios digestivos.
- c. 6-20 días : Leche entera, 4 l/día en 2 tomas
- d. 8<sup>a</sup> día: Inicio de alimentación con concentrado sin que este exceda 1.4 kg/día. También se inicia pastoreo en potreros de buena calidad.
- e. 21-28 días: Adaptación al sustituto de leche a base de productos lácteos de la siguiente forma:
  - 2/3 leche + 1/3 sustituto (3 días)
  - 1/2 leche + 2/3 sustituto (4 días)

NOTA: Nunca se han presentado problemas con la adaptación en una sola semana.
- f. 29-70 días: Sustituto de leche: 2 l/toma se suspende bruscamente en el 70avo día.  
  
Concentrado y pastoreo todo el tiempo
- g. 71-150 días: Alimentación con concentrado y pastoreo
- h. 151-158 días: Adaptación a la mel-urea.
  - Secuencia : 50% conc. + mel-urea (+10% h. pescado)  
por 6 días
  - luego, 0% conc. + 100% mel-urea
  - Consumo de suplemento a esa edad: 1.4 kg animal/día
- i. 159 días → empadre: Pastoreo + Mel - Urea reforzada con 10% harina de pescado sin exceder 2 kg/animal/día.

## ALIMENTACION DE TERNERAS EN CRIA NATURAL

### Generalidades

El separar el ternero de su madre a los pocos días de nacido, y proceder a criarlo en forma artificial, es una práctica muy difundida entre las fincas que se especializan en producción de leche. Esta situación es resultado de una tendencia generalizada en nuestros países en el sentido de querer imitar las tecnologías que se aplican en países desarrollados, ello basado en la creencia de que prácticas desarrolladas para esos países son adaptables a condiciones tropicales.

El uso de la crianza artificial de terneros en países desarrollados ha sido estimulado en un afán por utilizar excedentes de granos y cereales normalmente producidos todos los años, y ante una amplia disponibilidad de subproductos y derivados lácteos obtenidos de los excedentes de leche producida durante ciertas épocas del año. Todo esto ha permitido la fabricación de sustitutos de leche, con los cuales es factible criar artificialmente terneros en forma muy eficiente, no sólo desde el punto de vista biológico, sino también económico.

La situación de los países en vías de desarrollo es muy diferente a la anteriormente señalada, encontrándose que prácticamente no se cuenta con materia prima adecuada para la fabricación de estos sustitutos. Así por ejemplo, la producción de leche de estos países está lejos de cubrir la demanda de su población, y el destinar granos y cereales a la alimentación de terneros equivaldría a competir con la alimentación del hombre.

Por otro lado, el uso de razas europeas puras en la producción intensiva de leche se ha visto seriamente limitado, no sólo por la poca habilidad de adaptación de estos animales a las condiciones de clima y enfermedades típicas del trópico, sino también por el tipo o nivel de alimentación que estos animales requieren para comportarse en forma adecuada. Lo anterior supone entonces, la necesidad de utilizar animales que, aunque con menor potencial genético que el de las razas europeas especializadas, tengan una mayor capacidad de adaptación a las condiciones tropicales. Esto se logra fácilmente a través del uso de animales cruzados.

El uso de animales cruzados para la producción intensiva de leche no ha resultado muy atractivo, cuando el ternero se cría en forma artificial. El ordeñar vacas criollas o cebuinas sin sus terneros ha ocasionado problemas tanto en la "bajada de la leche", como en la duración de la lactancia; lo cual ha redundado en producciones muy bajas de leche.

Si a todo lo anterior le agregamos el alto nivel tecnológico e inversiones requeridas para llevar exitosamente a cabo la cría artificial del

ternero, es clara la necesidad de buscar alternativas más viables para la crianza de terneros en condiciones tropicales. Entre estas alternativas destaca la crianza natural de estos animales.

### **La crianza natural: definición**

Considerando como crianza natural aquellas situaciones en que se permite al ternero obtener su leche directamente de la ubre de la vaca, la crianza de terneros realizada en los sistemas de doble propósito, el amamantamiento restringido y el uso de vacas nodrizas serían alternativas típicas de la crianza natural. La crianza de terneros en sistemas de doble propósito se podría definir como aquella en que el ternero tiene acceso a su madre durante varias horas al día (generalmente entre 4 y 6 hr), encontrándose ambos en el potrero. Como amamantamiento restringido se entiende aquella situación en que el ternero tiene acceso a su madre una o dos veces al día, durante un período corto de tiempo (30 a 60 minutos post-ordeño), encontrándose ambos encorralados. Finalmente, al hablar de crianza con nodrizas se hace referencia al uso de vacas que crían dos o más terneros, amamantándolos directamente bajo condiciones de pastoreo.

### **El doble propósito como sistema de producción**

El uso del doble propósito no es desconocido por el productor. Así, mediante el estudio de 550 fincas en Centroamérica se logró determinar que aproximadamente un 75% de ellas se dedican al doble propósito (CATIE, 1981) Cabe hacer notar que en este mismo estudio, se encontró que el doble propósito en estas fincas no está definido por la raza del animal, sino por el manejo que se da al mismo, encontrándose casos en que vacas de raza lechera están siendo ordeñadas una vez al día y criando su propio ternero.

Con base en lo anterior se puede considerar como doble propósito a aquel sistema de producción en que el productor produce leche (a través de un ordeño diario) y carne (mediante la cría hasta el destete de todos los animales nacidos) con el mismo animal e independientemente de la raza.

### **Ventajas y desventajas del doble propósito**

A continuación se discutirán brevemente algunas de las ventajas y desventajas del doble propósito en relación con la lechería especializada. Entre las ventajas de este sistema de producción se pueden mencionar las siguientes:

- a. Una de las posibles explicaciones a la popularidad del doble propósito entre los productores, especialmente aquellos de limitados recursos, es el hecho de que este sistema les permite minimizar riesgos. Esto como consecuencia de una mayor flexibilidad en la orientación de la finca ante precios cambiantes en el mercado.

- b. El tipo de animal usado es fácil de conseguir. Un animal con potencial genético adecuado para el doble propósito puede ser obtenido mediante el cruzamiento del ganado de la zona con razas lecheras.
- c. El hecho de utilizar animales cruzados supone una ventaja económica, pues el precio de este tipo de animal es usualmente menor que el precio de los animales puros.
- d. Asociado también con el uso de animales cruzados, el doble propósito presenta la ventaja de poder tolerar manejos más rústicos, cual sería el uso exclusivo del pasto, menor control de parásitos e inclusive el uso de pastos naturales bajo pastoreo continuo.
- e. La cría de reemplazos no presenta ningún problema para el productor, puesto que el ternero recibe leche de calidad y en cantidades adecuadas, y dado que el ternero se cría en pastoreo desde que nace, no tiene que enfrentar los problemas asociados con la salida a potrero por primera vez.
- f. Finalmente, se puede mencionar el hecho de que la incidencia de mastitis es muy baja en estos sistemas, consecuencia de la excelente evacuación de la ubre que realiza el ternero.

Como desventajas de este sistema de producción se pueden citar las siguientes:

- a. La cantidad de leche destinada a la crianza del ternero es mayor que la utilizada en crianza natural, lo que incide en un menor ingreso para el ganadero.
- b. La cría del ternero macho no siempre es económicamente rentable, sin embargo, es difícil que el ganadero se desligue de esta práctica pues muchas veces el tipo de animal utilizado requiere de la presencia del ternero para "bajar la leche".
- c. La muerte de una cría puede significar la pérdida total o parcial de la lactancia, como consecuencia de que las vacas tienden a secar precozmente, o por problemas de mastitis.
- d. Los requisitos de mano de obra a la hora de hacer el ordeño tienden a ser mayores, como resultado de un mayor manejo de terneros. Esto podría ser una seria limitante en zonas donde la mano de obra es escasa.
- e. Una desventaja muy seria es la menor eficiencia reproductiva del ganado de doble propósito, indicada por el largo intervalo entre partos. La razón de este comportamiento no está claramente delucidada, argumentándose dos razones para ello: la primera relacionada con la composición genética de los animales, que incluye razas cebuinas y criollas, las cuales no se caracterizan por una alta tasa reproductiva; y la segunda asociada con el efecto negativo que puede tener la presencia del ternero con la vaca durante períodos largos, evitando así la presentación de celos.

Comportamiento animal en los sistemas de doble propósito

Dado que durante mucho tiempo los organismos de investigación y extensión han estado enfatizando la especialización en las explotaciones ganaderas, son pocos los trabajos que se han realizado tendientes a mejorar la productividad de este tipo de sistemas. A pesar de ello, existen algunos hatos experimentales, con los cuales ha sido posible generar una serie de índices biológicos que dan una idea del potencial productivo de estos sistemas (Cuadro 23).

**Cuadro 23. Indicadores zootécnicos de algunos hatos de doble propósito**

	CR <sup>a/</sup>	REP. DOM. <sup>b/</sup>	MEX.
<b>Producción de leche, kg</b>			
Total		2197	
Ordeñada	1470	1742	1220
Ternero		455	
Diaria	5.0	7.4	4.2
Días en lactancia	295	295	280
Peso ternero al nacer, kg	30	37	
Ganancia al destete, g/día	465	579	
Peso ternero al destete, kg	162	156	162
Edad al destete, meses	9.4	8.0	10.5
Intervalo entre partos, meses	14.0	12.5	14.5

<sup>a/</sup> Ruiz, A., et al. (1981)

<sup>b/</sup> Fernández, A., et al. (1977)

Según los datos del Cuadro 23, es posible esperar producciones de leche por lactancia en un rango de 1200 a 1700 kg. Estos valores sin embargo, están lejos de representar el potencial productivo de los animales pues no consideran la leche que el ternero está obteniendo de la vaca. Si a la leche obtenida mediante ordeño, se le adiciona la obtenida por el ternero, es posible esperar producciones totales cercanas a los 2000 kg por lactancia. La duración de la lactancia (280 a 290 días) es adecuada y de manera general se podría esperar una producción de aproximadamente 5 kg diarios de leche vendible. Una ganancia de peso al destete cercana a los 500 g diarios se considera buena, y muy competitiva con lo que podría esperarse de una crianza

artificial bajo condiciones comerciales. Como resultado de esta ganancia, el peso al destete de los terneros está entre 150 y 160 kg, valores muy similares a los obtenidos como promedio de destete en fincas especializadas en carne. De hecho, considerando que no es mucha la diferencia entre los pesos al destete obtenidos en doble propósito y aquellos obtenidos en fincas de carne, la leche adicional obtenida en las fincas de doble propósito hace que este tipo de explotación sea más rentable que la cría pura, pues los costos adicionales consecuencia del ordeño son más que compensados por el ingreso adicional producto de la venta de leche.

La edad al destete de los terneros tiende a ser un poco tardía (más de ocho meses), y posiblemente sea resultado de un comportamiento reproductivo poco eficiente. En teoría, el intervalo entre partos ideal debería estar alrededor de los 12 meses, lo cual significaría que las vacas paren todos los años. El intervalo entre partos de 14 o más meses obtenido en Costa Rica y México está lejos de ese intervalo ideal de 12 meses y como ya se ha mencionado, podría ser resultado de la composición genética de los animales o consecuencia de un efecto negativo del ternero sobre la presentación de celos. Aunque los argumentos anteriores no han podido ser claramente confirmados, el intervalo entre partos obtenido en Dominicana (12.5) indicaría que existen posibilidades de mejorarlo.

Según experiencias en Costa Rica (Cuadro 24), el bajo comportamiento reproductivo podría ser resultado de problemas en el manejo de ganado.

Cuadro 24. Efecto de la presencia del toro con las vacas sobre el comportamiento reproductivo de un hato de doble propósito en Costa Rica<sup>a/</sup>

	ANTES	DESPUES
Intervalo parto - 1er. celo, días	104	62
Intervalo parto-concepción, días	145	75
Intervalo entre partos, meses	16.2	12.7
Celos por concepción	1.1	1.3

<sup>a/</sup> CATIE, Proyecto CATIE/CIID. Datos sin publicar

Los datos presentados en el Cuadro 24, corresponden a un período de observación de tres años (1977-1980). Al inicio de este período, se estuvo utilizando la inseminación artificial como medio para cargar las vacas (Nov. 77 - Junio 79); sin embargo, dado que la observación de celos en las novillas de reemplazo se hacía difícil, se decidió traer un toro para que estuviese permanentemente entre la unidad (Junio 79 - Dic. 80). Como se puede observar en los datos del cuadro, la presencia del toro en la unidad vino a mejorar todos los índices reproductivos, y aunque en los datos

se encuentran confundidos los efectos de año y posiblemente de selección, todo pareciera indicar que el toro vino a solucionar un problema de detección de calos. Estos resultados han sido parcialmente confirmados en México, donde la reproducción de un hato de doble propósito ha sido mejorada mediante el acoplamiento de la inseminación artificial y la monta natural.

**El acoplamiento restringido como alternativa para mejorar crianza de terneros tradicional**

La falta de recursos alimenticios que aseguren un comportamiento adecuado de las razas lecheras especializadas y la ausencia de una raza lechera tropical adaptada a las condiciones de este medio ambiente hacen imperativo el tener que recurrir al uso de animales cruzados para la producción de leche. Esta realidad no es desconocida por el productor, según se puede derivar de los datos presentados en el Cuadro 25.

**Cuadro 25. Existencia y producción de leche y carne por tipo de hato en Centroamérica en 1970<sup>a/</sup>**

	ANIMALES		CARNE		LECHE	
	MILES	%	MILES	%	MILES	%
Mixtos	6089	78	139	66	766	72
Leche	317	4	12	6	295	28
Carne	1415	18	60	28		
<b>Total</b>	<b>7821</b>		<b>221</b>		<b>1061</b>	

SIECA-GAFICA. (1971).

Se puede observar claramente en el Cuadro 25, cómo la ganadería mixta, sinónimo de doble propósito, no sólo presenta la mayor proporción de los animales en Centroamérica (78%), sino también produce la mayor proporción de la carne y la leche producida en el área (66 y 72%, respectivamente). Como es de todos bien conocido, el animal normalmente utilizado en este tipo de explotaciones es el animal cruzado y con base en ello se puede decir que la mayor proporción de los animales utilizados para la producción de leche son animales cruzados.

Tal y como se menciona al inicio del trabajo, la práctica de criar terneros en forma artificial no ha dado buenos resultados cuando se trata de animales cruzados. La razón de la anterior aseveración se presenta en el Cuadro 26.

El ordeñar vacas cruzadas en ausencia de su ternero ha resultado no sólo en problemas para lograr que la vaca baje la leche, sino también en el hecho de que una alta proporción de las vacas tienden a secar en forma precoz,

todo lo cual redundando en producciones muy bajas de leche.

**Cuadro 26. Comportamiento de vacas Cabú x Europeo ordeñadas sin ternero (datos de 3 años).<sup>a/</sup>**

	LARGO DE LACTANCIA	
	MAYOR A 150 D	MEJOR A 150 D
No. vacas	185	124
Días en ordeño	305	34
Leche ordeñada, kg	1571	103
Tomada por ternero, kg	360	360
Leche vendible, kg	1211	-257
Intervalo entre partos, meses	15.8	15.2

<sup>a/</sup> Alvarez, F., et al. (1980)

En el caso presentado en el Cuadro 26, un 40 por ciento de las vacas tuvieron lactancias menores a los 150 días, siendo el promedio de duración de 34 días. Como consecuencia de ello, estos animales ni siquiera llegaron a producir leche suficiente como para alimentar su propio ternero, presentando un déficit promedio de 257 kg.

Una conclusión a la que rápidamente se podría llegar, según los datos del Cuadro 26, estaría relacionada con la posibilidad de utilizar animales seleccionados en base a su capacidad de producir en ausencia del ternero. Sin embargo, el hecho de que un animal sea capaz de producir cantidades adecuadas de leche en ausencia del ternero durante una lactancia, no es garantía de que este comportamiento se vuelva a presentar en la lactancia subsiguiente. En el Cuadro 27 se presentan datos sobre el comportamiento de vacas, que una vez bajaron su leche en ausencia del ternero, y lo que sucedió en la lactancia subsiguiente.

Claramente se nota en el Cuadro 27 la baja repetibilidad en el comportamiento de los animales. A pesar de que las vacas habían sido escogidas por haber bajado la leche en ausencia del ternero, durante su lactancia anterior, solamente la mitad de ellas volvieron a manifestar este comportamiento en la lactancia siguiente, indicando así el poco valor práctico de realizar este tipo de selección.

La necesidad de que las vacas cruzadas sean ordeñadas con apoyo del ternero se hace evidente al considerar el comportamiento durante la lactancia siguiente, de vacas que en la lactancia anterior se secan prematuramente (Cuadro 28).

**Cuadro 27. Comportamiento de vacas que si bajan la leche sin el ternero, ordeñadas con y sin apoyo en la lactancia siguiente<sup>a/</sup>**

	PREVIA	SIGUIENTE	
	SIN	SIN	CON
No. vacas	26	14	12
Secas antes 150 d, %	0	50	0
Días en lactancia	320	149	259
Leche ordeñada, kg	1693	643	1075
Tomada por ternero, kg	360 <sup>b/</sup>	360	518 <sup>c/</sup>
Vendible, kg	1333	299	1075
Diaria, kg	4.17	4.32	6.15

<sup>a/</sup> Alvarez, F., et al. (1980)

<sup>b/</sup> Ternero criado artificialmente

<sup>c/</sup> Ternero criado con amamantamiento restringido

**Cuadro 28. Comportamiento de vacas que no bajan la leche sin el ternero, ordeñadas con y sin apoyo en la lactancia siguiente<sup>a/</sup>**

	PREVIA	SIGUIENTE	
	SIN	SIN	CON
No. vacas	124	18	18
Días en lactancia	34	29	268
Producción de leche, kg			
Ordeñada	103	77	968
Ternero	360 <sup>b/</sup>	360 <sup>b/</sup>	536 <sup>c/</sup>
Vendible	-257	-283	968
Diaria	3.03	2.66	5.61

<sup>a/</sup> Alvarez, F., et al. (1980)

<sup>b/</sup> Ternero criado artificialmente

<sup>c/</sup> Ternero criado con amamantamiento restringido

En base a los datos del Cuadro 28 se puede concluir que la única razón por la cual estas vacas tienden a secar rápidamente es la falta del ternero, ya que cuando se les ordeña en presencia del mismo, todas ellas tienden a presentar lactancias mucho mejores. Toda esta información indica la conveniencia de utilizar el amamantamiento y apoyo del ternero como un medio de asegurar la cosecha de leche de este tipo de animales.

Efecto del amamantamiento restringido sobre el comportamiento de la vaca

Si bien es cierto que el amamantamiento constituye una forma de asegurar la producción de leche en vacas cruzadas, también lo es el hecho de que produce una serie de beneficios adicionales, que a continuación se discutirán. En el Cuadro 29 se presentan los efectos del amamantamiento restringido sobre la producción de leche de las vacas.

**Cuadro 29. Producción de leche en vacas Holstein amamantadas en diferentes formas <sup>a/</sup>**

TRAT.	LITROS/ANIMAL/DIA				
	1-28 DIAS		29-70 DIAS		71-112 DIAS
	ORDEÑO	TOTAL	ORDEÑO	TOTAL	ORDEÑO
A <sup>b/</sup>	9.8	15.6	9.0	15.8	11.78
B	9.4	14.9	13.5	16.0	12.90
C	12.6	12.6	11.5	11.5	9.98

<sup>a/</sup> Ugarte, J. y Preston, T. R. (1973)

<sup>b/</sup> A = 2 veces diarias hasta 70 días; B = 2 veces hasta 28 días 1 vez hasta 70 días; c = testigo.

Como era de esperarse el hecho de que las vacas sean amamantadas resulta en una menor cantidad de leche obtenida en el ordeño ; sin embargo, si a esta leche se le adiciona la cantidad que el ternero está tomando, la producción total de leche es mayor en los animales que amamantan. En este sentido, se puede decir que el amamantamiento tiene un efecto positivo sobre la producción de leche pues estimula una mayor producción. Esta mayor cantidad de leche producida se logra gracias a una mejor evacuación de la ubre consecuencia del amamantamiento, ya que con ello se reduce a un mínimo la presión intramamaria, permitiendo así una mayor síntesis de leche.

Un aspecto interesante de resaltar en el Cuadro 29 es el hecho en que este estímulo hacia una mayor producción de leche se mantiene aún después de haber realizado el destete (comparar grupos A y B vs. C en su producción

después de los 70 días) indicando de que el estímulo no es solamente de tipo físico, sin que posiblemente también se esté manteniendo un balance hormonal más adecuado para la producción.

Es bien conocido de todos el efecto negativo de la mastitis sobre la producción de leche. Otras de las vías por la cual el amamantamiento podría estar mejorando la producción de leche, es a través de su efecto sobre la incidencia de mastitis (Cuadro 30).

**Cuadro 30. Efecto del amamantamiento restringido sobre la incidencia de mastitis<sup>a/</sup>**

	NUMERO VACAS	CLINICA <sup>b/</sup>			SUBCLINICA <sup>b/</sup>		
		F <sub>1</sub>	H	TOTAL	F <sub>1</sub>	H	TOTAL
Amamantadas	36	2	3	5	8	6	14
Testigo	36	6	12	18	21	31	52

<sup>a/</sup> Ugarte, J. y Preston, T. R. (1972)

<sup>b/</sup> Cuartos afectados

Evidentemente, la mejor evacuación de la ubre realizada por el ternero al amamantar la vaca, está obviando los problemas de ordeño ineficiente, los cuales generalmente resultan en problemas de mastitis. Al disminuir este tipo de problemas y mantenerse las ubres más sanas, se logra una mayor producción.

Una de las razones por las que el ganadero siente cierta reticencia a implementar el amamantamiento restringido en su finca es el posible efecto negativo que puede tener sobre el comportamiento reproductivo de las vacas. En este sentido, se ha argumentado que la presencia del ternero puede estar evitando la presentación de celos y por ende, afectando la reproducción. En el Cuadro 31 se presentan datos sobre el comportamiento reproductivo de vacas cruzadas (F<sub>1</sub>) y vacas Holstein (H) amamantadas en diferentes formas.

Como se puede notar en los datos del cuadro 31, no existen diferencias en cuanto al comportamiento reproductivo de vacas que son amamantadas en comparación con aquellas que no lo son, pudiéndose señalar inclusive, que más importante es el efecto de la raza. La tendencia del ganado cruzado a entrar más rápidamente en celo es otro argumento en favor de la utilización de animales cruzados en zonas tropicales.

**Cuadro 31. Efecto del amamantamiento restringido sobre la fertilidad de la vaca (n = 32 vacas)**

	A <sup>b/</sup>	B <sup>c/</sup>
Tratamiento		
Amamantamiento	77.8	59.4
Testigo	72.7	68.7
Composición genética		
Holstein	81.7	62.5
F <sub>1</sub>	68.9	68.7

<sup>a/</sup> Ugarte, J. y Preston, T. R. (1972)

<sup>b/</sup> Intervalo entre parto y 1er. servicio, días

<sup>c/</sup> Por ciento de vacas gestantes con una inseminación, %

Efecto del amamantamiento restringido sobre el comportamiento del ternero

Aún cuando ha sido posible demostrar en forma experimental la factibilidad de criar terneros en forma artificial, bajo condiciones tropicales, la realidad es que estos resultados experimentales no se han repetido bajo condiciones comerciales, en las cuales la crianza artificial generalmente resulta en graves problemas sanitarios, bajas tasas de crecimiento y altas mortalidades. La razón de estos resultados radica posiblemente en el hecho de que, bajo condiciones comerciales, no se toman las medidas sanitarias y demás cuidados que sí se toman bajo condiciones experimentales, indicando así que la técnica de criar artificialmente los terneros involucra mucho más cosas que la simple receta de alimentación. En el caso del amamantamiento restringido, a pesar de que su implementación supone un mayor requisito de mano de obra, principalmente al momento del ordeño, la implementación a nivel comercial es más simple, pues no requiere del control de tantos factores. En el Cuadro 32 se presenta una comparación entre la crianza artificial y el amamantamiento restringido.

Nuevamente se presenta en estos datos (Cuadro 32) el efecto positivo del ternero sobre la producción de leche, tanto para el caso de animales criollos como en animales europeos. Es de señalarse también el efecto economizante de la leche ordeñada, pues ésta en su totalidad se puede destinar a la venta, en el caso del amamantamiento, mientras que con cría artificial, la leche del ternero debe ser tomada de la leche ordeñada. Por otro lado,

el amamantamiento está permitiendo cosechar leche residual que ningún ordeño, por eficiente que sea, logra sacar de la ubre, con lo cual también se economiza leche ordeñada.

**Cuadro 32. Efecto de criar el ternero con amamantamiento o en cubos sobre el crecimiento del ternero y la producción de leche<sup>a/</sup>**

	CRIOLLO (n = 20)		HOLST/HEREFORD (n=16)	
	Am <sup>b/</sup>	Ar <sup>c/</sup>	Am	Ar
Leche ordeñada, kg	7.9	8.8	4.5	4.9
Tomada por ternero, kg	2.7	4.0	3.9	3.9
Total producida, kg	10.6	8.8	8.4	4.9
Vendible, kg	7.9	4.8	4.5	1.0
Ganancia del ternero, g/día	317	433	497	353
Conversión leche/carne	8.4	9.3	7.8	11.4

<sup>a/</sup> Gaya, H. et al. (1977)

<sup>b/</sup> Amamantamiento durante 30 minutos post-ordeño

<sup>c/</sup> Cria artificial

En relación con el comportamiento del ternero, los datos del Cuadro 32 indican que la ganancia de peso está prácticamente en función de la cantidad de leche que recibe el ternero (datos del ganado criollo); sin embargo, cuando el ternero recibe cantidades comparables de leche, aquellos criados con amamantamiento restringido ganan más peso y son más eficientes en su conversión alimenticia (datos del ganado Holstein-Hereford). Son varios los argumentos que se dan tratando de explicar este comportamiento. Entre ellos se pueden citar que la postura del ternero al momento de alimentarse permite un mejor pasaje de la leche a través de la gotera esofágica que la temperatura de la leche es constante día a día y finalmente, que la calidad de la leche recibida por el ternero es superior, no sólo por no estar contaminada, sino también por contener una mayor concentración de nutrientes. Al respecto, los datos del Cuadro 33 refuerzan la última explicación.

Es sorprendente la cantidad de leche que queda en la ubre después del ordeño aún en animales que supuestamente han sido seleccionados por esta característica. Para el caso anterior, la cantidad de leche residual es cercana a los tres litros. Es de destacar también, la mejor calidad nutritiva de la leche residual en comparación con la leche obtenida mediante el

ordeño. La diferencia radica principalmente en el contenido de grasa de la leche, ya que los otros principios nutritivos tienden a encontrarse en concentraciones muy similares. Desde el punto de vista de la nutrición del ternero, este mayor tenor graso de la leche residual implica que por cada litro de leche ingerido la cantidad de energía consumida es superior, lo que explicaría el mejor comportamiento de los terneros amamantados.

**Cuadro 33. Cantidad y calidad de leche obtenida a diferentes momentos del ordeño (Vacas Holstein)<sup>a/</sup>**

	CANTIDAD, KG	%		
		GRASA	SNG	PROTEINA
Mecánico	11.30	3.0	8.8	3.2
Escurrido	0.42	8.3	7.5	3.0
20 minutos <sup>b/</sup>	2.07	12.0	7.0	2.9
40 minutos <sup>b/</sup>	0.59	7.4	6.2	2.4
60 minutos <sup>b/</sup>	0.35	4.4	6.8	2.5

<sup>a/</sup> Lane, G. T., *et al.* (1970)

<sup>b/</sup> Leche obtenida mediante aplicación de oxitocina post-ordeño

Las primeras incógnitas que presenta un ganadero al querer implementar el amamantamiento restringido en su explotación es cómo hacerlo, en términos de frecuencia de amamantamiento (una o dos veces al día): ¿cuánto tiempo después del ordeño se debe juntar vaca con el ternero? ¿por cuánto tiempo? En los párrafos subsiguientes se tratará de dar respuesta a algunas de estas preguntas.

En el Cuadro 34 se compara la práctica de amamantar terneros una o dos veces al día, en relación con la ganancia de peso del ternero, la producción de leche y el cambio de peso de las vacas.

Claramente se nota en este cuadro que al reducir la frecuencia de amamantamiento de dos a una vez por día reduce la cantidad de leche consumida por el ternero en aproximadamente un 50 por ciento. Como resultado de ello, las ganancias de peso del animal se reducen en una magnitud similar, confirmando así la premisa de que la ganancia de peso del ternero es función de la cantidad de leche consumida. Esto a su vez implica que no es posible el llegar a recomendar el uso de uno o dos amamantamientos pues esto deberá ser función de la cantidad de leche que le quede a la vacas después del ordeño, lo que a su vez supone el uso de la experiencia práctica al tratar de definir la frecuencia de amamantamiento. Un factor que sí puede ser claramente definido es el intervalo entre la finalización del ordeño y el

inicio del amamantamiento. En el Cuadro 35 se presenta información al respecto.

**Cuadro 34. Efecto de dos sistemas de amamantamiento sobre la producción de leche y comportamiento del ternero<sup>a/</sup>**

	2x <sup>b/</sup>	1x <sup>b/</sup>
<b>Peso del ternero</b>		
Nacimiento, kg	29.2	28.1
Ganancia, g/día	438	213
Leche consumida, kg/día	3.98	2.09
Leche vendible, kg/día	5.44	6.97
Total producida, kg/día	9.42	9.06
Cambio de peso de la vaca, g/día	52	67

<sup>a/</sup>Gaya, H. et al. (1978)

<sup>b/</sup>Cada período (x) consistió de 30 minutos

**Cuadro 35. Producción de leche, consumo de leche y ganancia de peso de terneros amamantados dos veces al día<sup>a, b/</sup>**

INTERVALO ORDEÑO	LECHE, KG/DIA		GANANCIA G/DIA	CONVERSION KG/KG
	TOTAL	TERNERO		
<b>AMAMANTAMIENTO</b>				
20 minutos	17.66	3.81	552	6.9
2 horas	17.62	5.21	623	8.0

<sup>a/</sup>Ugarte, J. y Preston, T. R. (1972)

<sup>b/</sup>Cada período de 15-20 minutos

Las vacas que amamantaron sus terneros 20 minutos después de finalizado el ordeño produjeron más leche, según se puede determinar al comparar la producción total y la cantidad consumida por el ternero. Esto es consecuencia de que al reducir el intervalo entre ordeño e inicio del amamantamiento, se reduce también la cantidad de leche que el ternero puede sacar de la vaca, pues la producción total es similar en ambos casos. El mayor consumo de leche en terneros amamantados dos horas después del ordeño es consecuencia de un mayor tiempo para la síntesis de leche, cosa que se considera inconveniente pues no se cumpliría con el objetivo de solamente rescatar la leche residual. Con base en estos datos se concluye que el amamantamiento debe realizarse unos 30 minutos después del ordeño y no debe prolongarse más de 30 minutos.

## **Amamantamiento múltiple (vacas nodrizas)**

### Características básicas

Aunque originalmente diseñado para el levante de terneros destinados a producción de carne, este método se ha utilizado en la producción de terneras lecheras de reemplazo. Originado en Nueva Zelanda, el método consiste en colocar más de un ternero por vaca la cual se deja ordeñar por los animales hasta que éstos se desteten obligadamente a cierta edad. Comúnmente, esta edad puede oscilar alrededor de las 12 semanas (5-16 semanas). El número de terneros a colocar varía en función de la edad de destete y la producción de leche de la vaca (Roy, 1970). Es obvio que este sistema sólo es aprovechable con eficiencia si la producción de la leche de la nodriza es más o menos alta. El número de terneros por vaca se determina calculando primero una disponibilidad de leche de 4-6 kg/ternero/día, para razas grandes. Hay 3 variaciones de como se puede ejecutar el sistema:

1. El primer grupo de terneros se mantienen juntos en un corral al cual se lleva la vaca cuando toca alimentación (3 veces/día por la primera semana y dos veces después). Al cabo de una o dos semanas se añade el siguiente grupo que deben tener como máximo entre 10 y 14 días de edad. Este grupo comienza con amamantamiento dos veces por día. Hasta que cumplan el mes de edad los terneros deben mantenerse aislados individualmente para prevenir que se mamen entre ellos.

2. La vaca puede mantenerse confinada en corraletas (especialmente durante el invierno de países temperados) y los terneros se traen de sus corrales a la hora de la alimentación. El procedimiento es el mismo que el indicado anteriormente.

3. El método comunitario se aplica especialmente si el sistema se desarrolla en pastoreo. Esto quiere decir que todas las vacas nodrizas y todos los terneros se mantienen juntos. Aquí cualquier ternero puede amamantar cualquier vaca. El problema es que los terneros más grandes y más fuertes obtendrán la mayor parte de la leche y por lo tanto habrá mucha falta de uniformidad en el crecimiento de las hembras. La solución a esto es el uso de "creep-feeders" (alimentación suplementaria exclusiva para terneros).

Cualquiera que sea el método que se adopte, el programa para este tipo de crianza sería como el que se muestra en el Cuadro 36. Como se observa, la edad de destete es a las 10-11 semanas y la vaca se mantiene en el sistema por toda la lactancia.

Cuadro 36. Programa para el uso de vacas nodrizas (amamantamiento múltiple)<sup>a/</sup>

SEMANA DE LACTANCIA	PRODUCCION POTENCIAL DE LA VACA			
	2800 KG		4670 KG	
	NUMERO DE TERNEROS			
	ENTRADA	DESTETE	ENTRADA	DESTETE
1 <sup>A</sup>	Tern. 1		Tern. 1 y 2	
2 <sup>A</sup>	Tern. 2		Tern. 3 y 4	
3 <sup>A</sup>	Tern. 3			
11 <sup>A</sup>	Tern. 4	Tern. 1		
12 <sup>A</sup>			Tern. 5 y 6	Tern. 1 y 2
13 <sup>A</sup>	Tern. 5	Tern. 2		
14 <sup>A</sup>			Tern. 7 y 8	Tern. 3 y 4
15 <sup>A</sup>		Tern. 3		
24 <sup>A</sup>	Tern. 6	Tern. 4	Tern. 9	Tern. 5 y 6
26 <sup>A</sup>		Tern. 5		
28 <sup>A</sup>			Tern. 10	Tern. 7 y 8
38 <sup>A</sup>		Tern. 6		Tern. 9
42 <sup>A</sup>				Tern. 10

<sup>a/</sup> Adoptado de Roy, J.H.B. (1970).



### Variantes del amamantamiento múltiple

**Nueva Zelanda :** El número de terneros por vaca se limita a tres y éstos se amamantan por 7-10 semanas. Al destetarlos, la vaca se retorna al hato de producción (Everitt y Phillips, 1971). Se considera que el amamantamiento estimula la producción de leche pues la producción total de leche ordeñada sólo se ve disminuida en un 5%.

**Australia :** La vaca se utiliza durante toda la lactancia para amamantamiento múltiple, con destete al final de la lactancia. En un experimento, se usaron cinco vacas nodrizas a las que se juntaron 17 terneros incluyendo los cinco propios. A los 289 días se tenía que las vacas habían criado nueve terneros y entre éstos se incluían cuatro propios indicando una clara preferencia por éstos; es decir, la incidencia de rechazos de terneros fue mayor con terneros ajenos. La ganancia de peso de los terneros propios fue de 0.89 kg/ternero/día mientras que la de los adoptados varió entre 0.60 y 0.73 kg/cabeza/día.

### Problemas del amamantamiento múltiple

-Rechazo de terneros ajenos. Este rechazo es más evidente al inicio del programa. Se puede minimizar o abolir el problema mediante: a) la separación del ternero propio al nacer y luego su reunión con la madre junto con otros terneros; b) amarrando la vaca y forzando su amamantamiento múltiple hasta que se adapte a ello; asegurando que la vaca tenga un grupo numeroso de terneros para causarle confusión.

-Ausencia de celo. Esto es más evidente cuando las vacas están en presencia continua de los terneros, como sucede con el amamantamiento múltiple en pastoreo. Cuando el amamantamiento se restringe a dos veces/día no hay problemas con la presentación de calores. Además, se sabe que a los dos días del destete la vaca presenta celo (Everitt Phillips, 1971).

-Necesidad de cría artificial. Puesto que puede suceder que ocurran rechazos de terneros, éstos deben criarse de algún otro modo que usualmente vendría siendo el sistema de crianza artificial.

### Beneficios del amamantamiento múltiple

-Permite la cría de terneros por tandas, lo que coincide con la incidencia de pariciones en explotaciones típicas.

-Permite la cría de terneros en números variables.

-Permite el uso de vacas con mala configuración en la ubre, mal temperamento en el ordeño o gran susceptibilidad a mastitis.

-Se producen terneros de gran peso, especialmente con pastoreo, porque éstos hacen uso de pasto de buena calidad al pastorear delante de las vacas (Harte, 1971) y consumen leche de gran higiene y nivel.

-Exige menos mano de obra por ternero que los otros sistemas de crianza.

-Hay menores disturbios digestivos e infecciones bacterianas que en el caso de la cría artificial. Esto conduce a una mejor tasa de sobrevivencia de los terneros (Cuadro 37).

**Cuadro 37. Mortalidad de terneros en cría artificial vs. cría con vacas nodrizas (Nueva Zelanda) <sup>a/</sup>**

<b>SISTEMA DE CRIA</b>	<b>MORTALIDAD, %</b>
Artificial	7.8
Amamantamiento múltiple	0.9

<sup>a/</sup>Citado por Ruiz (1980).

#### **HACIA UN SISTEMA MAS APROPIADO PARA EL TROPICO LATINOAMERICANO**

Al principio de este documento se hizo notar que existen dos sistemas generales de crianza de terneros. Hasta este punto, se ha presentado suficiente información que deja en claro que dentro del sistema artificial se encuentra una variedad de procedimientos. De igual forma se han discutido las bondades y limitantes que existen dentro del sistema de crianza natural.

Mucho han ensalzado las virtudes de la crianza natural en relación a la artificial. Una de las ventajas que se le atañen es la alta ganancia de peso del ternero, Por otro lado, se toma como un hecho que la crianza natural no permite alcanzar niveles comparables de producción de leche vendible a los de las vacas cuyos terneros se crían artificialmente. Otros aspectos de relevancia es que el productor no necesita mucha tecnología cuando el ternero se cría en forma natural. En contraste, la cría artificial usualmente enfrenta tasas importantes de mortalidad. Cómo combinar las ventajas de uno con las del otro sistema es una interrogante que debe conducir a hallazgos que permitan al productor la seguridad de la cría natural y la eficiencia de la cría artificial.

Ha sido precisamente con el planteamiento anterior que Vargas (1980) efectuó un trabajo novedoso y que permite ver que, en realidad, el sistema doble propósito y el de lechería especializada no son sino extremos de un abanico de sistemas de producción de leche. Es decir, entre estos dos extremos

se puede entrever otros sistemas que por períodos de duración variable funcionan como doble propósito y, por diferencia, como lecherías especializadas. Específicamente, Vargas "creó" los siguientes sistemas con el objetivo de estudiar sus efectos sobre el desarrollo del ternero y desempeño de la vaca (Cuadro 38).

**Cuadro 38. Descripción de 5 estratos de sistemas de producción lechera con referencia a la crianza del ternero<sup>a/</sup>.**

SISTEMA	DIAS DE CALOSTRO	EDAD DE DESTETE (SEPARACION) (DIAS)	AMAMANTAMIENTO (CONSUMO DE LECHE) (DIAS)
1. Lechería Esp.	5	5	0
2.	5	12	7
3.	5	26	21
4.	5	75	70
5. Doble Propósito	5	145	140

a/ Vargas (1980).

El amamantamiento se hizo dejando un cuarto de la ubre sin ordeñar en la mañana permitiéndose el amamantamiento sólo en la mañana y por una hora. En la tarde las vacas se ordeñaron completamente.

Cuando los terneros se destetaban, éstos pasaban a un sistema de cría artificial. En el caso de terneros que no habían consumido un mínimo de 180 l, se les seguía dando leche en chupón hasta completar los 180 l. Esta medida se aplicó entonces a los de los grupos 1, 2 y 3 (ver cuadro 38). Todos los terneros se iniciaron al pastoreo en una edad temprana y su alimentación lactea se esquematiza en el Cuadro 39.

Los datos que se produjeron cubrieron un período de 145 días, que equivale a la edad de los terneros que se destetaron en el sistema doble propósito. En ese lapso, ocurrieron los siguientes eventos (Cuadro 40).

Los datos del Cuadro 40 involucran 25 vacas. Según los resultados, parecía entonces que la producción de leche vendible no se ve afectado por amamantamiento de hasta 70 días aunque son razones de incidencia de mastitis sería preferible un período de amamantamiento de 21 días (más los 5 de calostro). Lo que sí es muy evidente es que cuando el ternero está con la madre la incidencia de mastitis es sumamente baja. El tercer punto sobresaliente es la ganancia de peso del ternero que fue extraordinariamente alta para cada uno de los sistemas. Valga la acotación que para este trabajo se usaron instalaciones nuevas y, se sospecha que la ausencia de focos de infección

**Cuadro 39. Alimentación láctea de terneras en diversos sistemas de crianza**

SISTEMA	CONSUMO DE LECHE
1. Lechería especializada	o días de amamantamiento. La leche se da en balde, dos tomas/día, a razón de 4 kg/día, hasta completar 180 kg de leche/ternero.
2.	7 días de amamantamiento, después de lo cual se da 4 kg leche/día, en balde, hasta completar un consumo de 180 kg de leche en total (amamantamiento + balde).
3.	21 día de amamantamiento después del cual se da leche en balde, a razón de 4 kg/día, hasta completar un consumo de 180 kg en total.
4.	70 días de amamantamiento. No se da leche en balde.
5. Doble propósito	140 días de amamantamiento. No se da leche en balde.

**Cuadro 40. Comportamiento del ternero y su madre en diversos sistemas de producción lechera (ver Cuadro 23 para explicación<sup>a/</sup>)**

SISTEMA	INCIDENCIA DE MASTITIS, %		LECHE VENDIBLE kg/VACA	CAMBIOS DE PESO	
	PERIODO AMAMANTAMIENTO	DESPUES DE AMAMANTAMIENTO		VACA kg	TERNERO kg/DIA
1. Lecher. esp.	-	6.3	1068	25.4	0.737
2.	5.0	20.0	1048	8.0	0.677
3.	0.0	8.2	1030	-0.8	0.715
4.	5.0	23.5	1096	-9.9	0.744
5. Doble prop.	3.3	-	815*	-15.6	0.788

<sup>a/</sup> Vargas (1980)

(presentes fueron causas adicionales a la alimentación que permitieron alcanzar tales ganancias de peso.

Con lo anterior, se abre la posibilidad de llegar a desarrollar un sistema de crianza de terneros que combine el amamantamiento restringido con prácticas derivadas de la crianza artificial.

SUPLEMENTACION DE VACAS LECHERAS EN PASTOREO

Manuel E. Ruiz, Ph.D.

## SUPLEMENTACION DE VACAS LECHERAS EN PASTOREO

Manuel E. Ruiz, Ph.D.

### SISTEMAS DE PRODUCCION DE LECHE EN EL TROPICO LATINOAMERICANO

Usualmente la imagen que uno se forma de la producción de leche en el ambiente tropical latinoamericano es que ésta se realiza mediante el sistema de lechería especializada, tantas veces vista en textos y documentales. Si bien este tipo de explotación predomina en zonas de altura y en los alrededores de las grandes ciudades, la mayor parte del trópico es de altura media o baja, con alta precipitación, con dos estaciones (lluviosa y seca) definidas y altas temperaturas. Es en este ambiente en que predomina el sistema llamado de doble propósito.

Como ilustración de lo anterior, se presenta en el Cuadro 1 una comparación entre algunas áreas de América Central donde el CATIE ha efectuado diagnósticos de fincas.

**Cuadro 1. Frecuencia de Sistemas de Producción Bovina en algunas Areas del Istmo Centroamericano, % del Total de Fincas<sup>a</sup>**

SISTEMA	GUARUMAL (PANAMA)	MONTEVERDE (COSTA RICA)	MATAGALPA (NICARAGUA)
Lechería especializada	0	82	8
Doble propósito, con énfasis en:			
-Leche	0	18	92
-Carne	11	0	0
Ganadería de carne	89	0	0

<sup>a</sup>/Fincas de Pequeños Productores, con áreas menores a 25 ha y con no más de 50 vacas adultas.

Guarumal, es una área de clima bosque muy húmedo tropical transición húmedo con precipitación promedio de 3.100 mm y temperatura de 27°C. Las lluvias se concentran en el período abril-noviembre. La fertilidad de los suelos es baja y sostiene una población mayoritaria de pasto Jaragua (*Hyparrhenia rufa*), y ganado cebuino. Aunque posee una adecuada carretera, no existe la infraestructura necesaria para el fomento de la producción de leche.

Monteverde, en contraste a Guarumal, es una zona de altura entre 1000 y 1500 m sobre el nivel del mar, clasificado como bosque húmedo premontano. La precipitación es de 2500 mm (mayo a noviembre) y la fertilidad de sus suelos es intermedia. Monteverde cuenta con una planta de procesamiento de leche y que constituye la principal actividad industrial.

Matagalpa, de clima húmedo seco tropical, se encuentra a 325-760 m sobre el nivel del mar, es decir, intermedio entre Guarumal y Monteverde. La precipitación es de 1.454 mm con dos estaciones claramente definidas y la temperatura promedio es de 22.8°C. El pasto predominante es natural y jaragua en un 86% del área. Los animales son cruces de Brahman con Criollo y cruces de éstos con razas lecheras.

Como se nota, la tendencia en cuanto al tipo de explotación bovina está dictada por factores ecológicos y de infraestructura. Según SIECA-GAFICA (1971) en Centroamérica el sistema doble propósito constituye el 78% de las explotaciones ganaderas.

El sistema doble propósito se diferencia de la lechería especializada en varios aspectos, los que se esquematizan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Características que definen los sistemas doble propósito y lechería especializada

CRITERIO	DOBLE PROPOSITO	LECHERIA ESPECIALIZADA
Ordeños, veces/día	1	2
Apoyo con ternero	Sí	No
Cría del ternero	Amamantamiento	Artificial
Raza	Cruces (usualmente con Cebú)	Cruces y Europeos puros

Varios estudios de fincas en los países del Istmo Centroamericano indican que el 100% de las fincas con ganadería utilizan como base de su alimentación el pasto. Sin embargo, por la rusticidad del sistema los productores con hatos de doble propósito no tienden a mejorar sus pastos o a usar suplementos al grado en que se observa en las explotaciones de lechería especializada. Consecuentemente, la carga animal es menor en fincas de doble propósito (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Algunas características del componente alimentario en los sistemas de producción de leche<sup>a/</sup>**

	SISTEMA BOVINO	
	DOBLE PROPOSITO	LECHERIA ESPECIALIZADA
<u>Pastos</u>		
-Naturales, % del total	50	34
-Mejorados, % del total	50	66
<u>Control de malezas, % de los productores</u>		
-Con herbicida	43	41
-Con machete	63	88
<u>Uso de suplementos, % de productores</u>		
-Concentrados	4	31
-Subproductos y cultivos	33	10
<u>Carga, UA/ha</u>	2.2	2.5

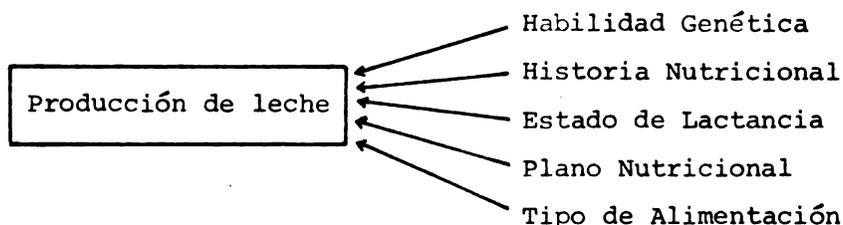
a/ CATIE (1978)

Es claro que el desarrollo del sistema de doble propósito obedeció a criterios de mínimo riesgo (por fluctuaciones en precios de la leche y/o carne) aunque con sacrificio del nivel de producción. Así, mientras que la producción de leche en doble propósito varía entre 182 y 652 l/ha, la de lechería especializada es de 1567 l/ha (CATIE, datos no publicados). A pesar de la calidad de mínimo riesgo, el sistema doble propósito no es inmune a los efectos de fluctuaciones en calidad y cantidad del pasto y otros alimentos. Tales efectos se traducen en disminuciones de la producción e, incluso, en interrupciones de la misma.

#### **FACTORES DETERMINANTES DE LA PRODUCCION DE LECHE**

La cantidad de leche que produce una vaca es el resultado de una combinación de factores que influyen sobre (a) la capacidad fisiológica del animal para producir leche y (b) la cantidad de nutrientes que consume el animal (Moe

y Tyrrell, 1975). En la Figura 1 se indican los factores más importantes que influyen sobre estos dos aspectos.



**Fig. 1. Factores que influyen sobre la producción total de leche (Moe y Tyrrell, 1975).**

De los factores indicados en la Figura 1, el estatus genético, la historia nutricional y el estado de lactancia son los que influyen sobre el estado fisiológico del animal y su habilidad para producir leche. Los otros dos factores determinan la cantidad y calidad de nutrientes disponibles para síntesis láctea, y son los que usualmente manipulan los nutricionistas para aumentar la producción.

Dado que la producción de leche se basa en el uso de los pastos, el promedio y fluctuación de nutrientes contenidos en él y la variación en la disponibilidad del forraje a través del año llegan a ser, en gran medida, los factores más determinantes de la producción de leche. La magnitud en que estos factores influyen dependerá de la capacidad genética de los animales para producir leche. Así, las vacas de doble propósito se verán menos afectadas por restricciones en la pradera mientras que vacas lecheras especializadas son más dependientes de la calidad y cantidad de forraje para expresar los niveles esperados de producción de leche.

#### **LIMITACIONES DEL PASTO PARA LA PRODUCCION DE LECHE**

Stobbs (1976) en una excelente revisión de literatura resume que en praderas de gramíneas tropicales y con cargas bajas, se puede esperar una producción de 6-7 kg de leche/vaca/día. Si estas praderas contienen leguminosas, o si son fertilizadas, la producción puede llegar hasta 12-14 kg/vaca/día. Naturalmente, la producción por animal, cuando no hay restricción de pastos, dependerá de la capacidad genética animal; por ejemplo, razas pequeñas, como la Jersey, producirán menos leche/animal que razas grandes como la Holstein. Estos conceptos e índices de producción se ilustran en el Cuadro 4.

**Cuadro 4. Producción de leche en pastoreo, bajo condiciones tropicales con cargas bajas (experimentos > 5 meses)<sup>a/</sup>, datos en l/vaca/día**

PRADERA	RAZA		
	JERSEY	HOLSTEIN	CRUCES
Natural	6.8	-	6.6
Gramíneas/leguminosas	10.9	13.3	8.0
Gramíneas fertilizadas	7.2	10.9	8.7

<sup>a/</sup>Datos seleccionados de Stobbs (1976).

La capacidad de las praderas para producción de leche es limitada. Una prueba de ello la ofrecen Patel et al. (1976) al comparar la producción de leche bajo condiciones de estabulación versus condiciones de pastoreo sin suplemento (Cuadro 5).

**Cuadro 5. Producción de leche en pastoreo y estabulación de vacas nativas y cruzadas, en Kerala, India<sup>a/</sup>**

VACAS	PASTOREO	ESTABULACION
	kg/vaca/lactancia	
Nativas	491	600
Cruzadas	1144	1727

<sup>a/</sup> Patel et al. (1976)

Las limitadas producciones de leche en pastoreo obedecen al hecho que los pastos tropicales son fibrosos y que poseen una digestibilidad mediana o baja (Minson y McLeod, 1970). Por ende, en pastoreo exclusivo, una gran proporción de los nutrientes ingeridos se usan para cubrir las necesidades de mantenimiento, quedando una pequeña proporción para la producción de leche. Esto es contrastante con el caso de bovinos de carne pues las necesidades para ganancia de peso son menores que los requerimientos para producción de leche y, consecuentemente, es posible observar altas tasas de ganancia de peso en pastoreo exclusivo. Esquemáticamente, estas situaciones se plantean en la Figura 2.

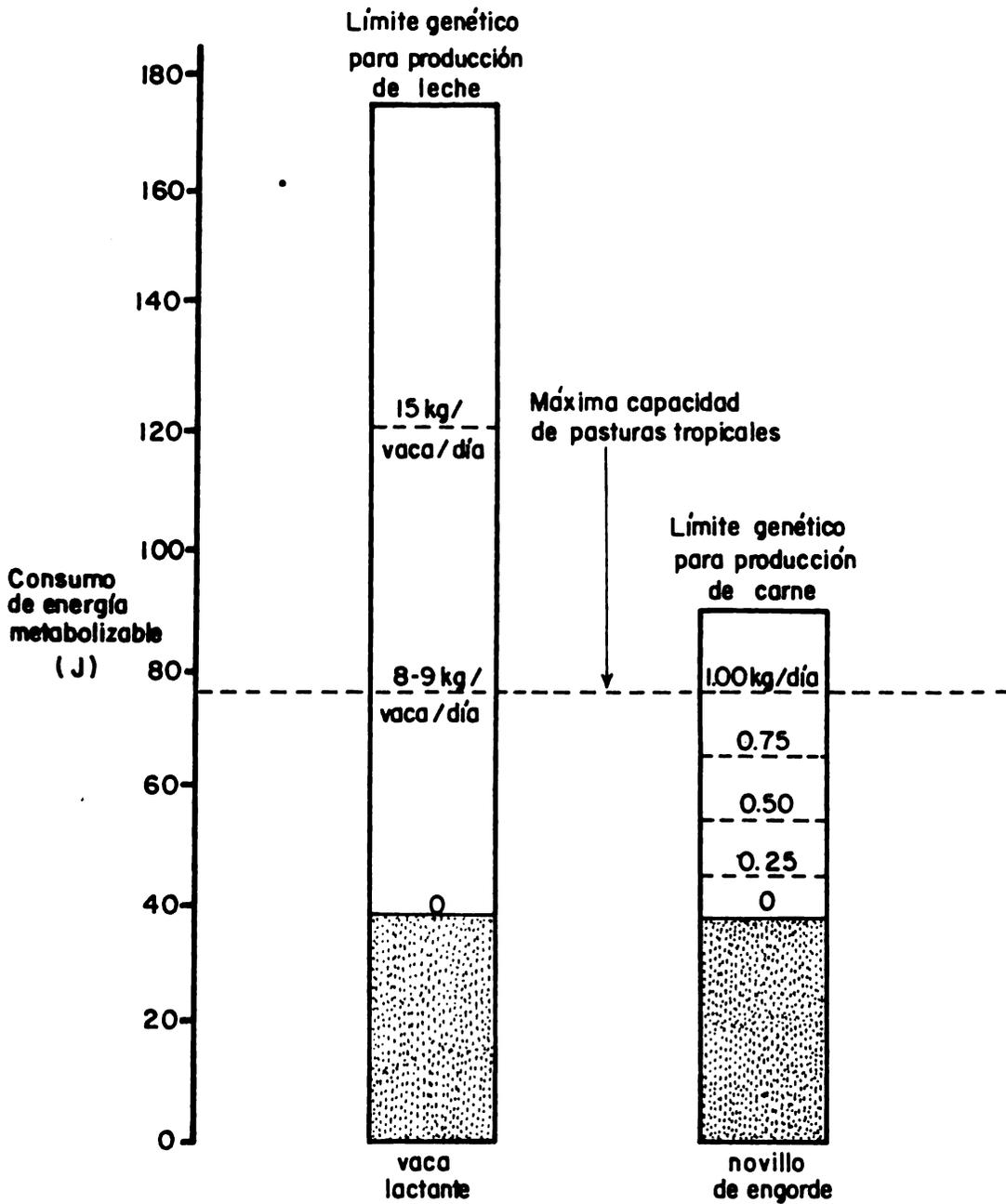


Fig. 2 Representación simple de los niveles de producción de leche o carne obtenibles de praderas tropicales con cargas bajas. Areas sombreadas representan la energía para mantenimiento; las no sombreadas a producción (basado en el ARC, 1968).

La implicación de la Figura 2 es que el principal nutriente limitante en el pasto tropical, para producción de leche, es la energía. Esto se deduce también de la comparación que hicieron Minson y McLeod (1970) entre pastos tropicales y de clima templado, evidenciando grandes diferencias en digestibilidad (un indicador del valor energético) según se ilustra con la Figura 3.

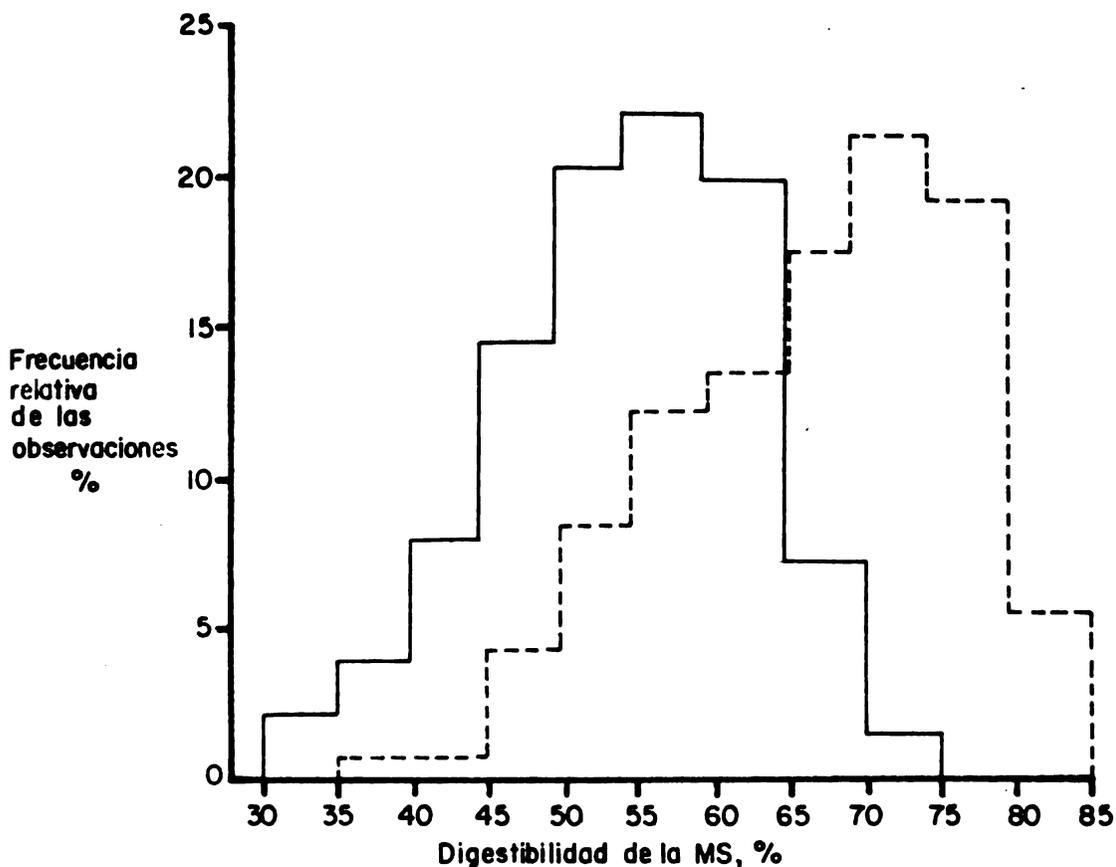


Fig. 3 Frecuencia de datos de digestibilidad de pastos tropicales (—) y de clima templado (-----) cosechados a diferentes estados de crecimiento (adaptado de Minson y McLeod, 1970).

Con respecto al contenido de proteína, los pastos tropicales y de origen temperado también muestran diferencias evocativas de la Figura 3 pero de menor contraste. Sin embargo, es bien conocido en el trópico húmedo/seco (dos estaciones) que la mayoría de los pastos decrecen rápidamente en su valor proteico al establecerse la época seca. Una observación hecha por Tergas et al. (1971) en pasto Jaragua, en la vertiente del Pacífico en Costa Rica, establece claramente la rapidez y magnitud del empobrecimiento proteico y que esto no se evita con prácticas de fertilización (Figura 4).

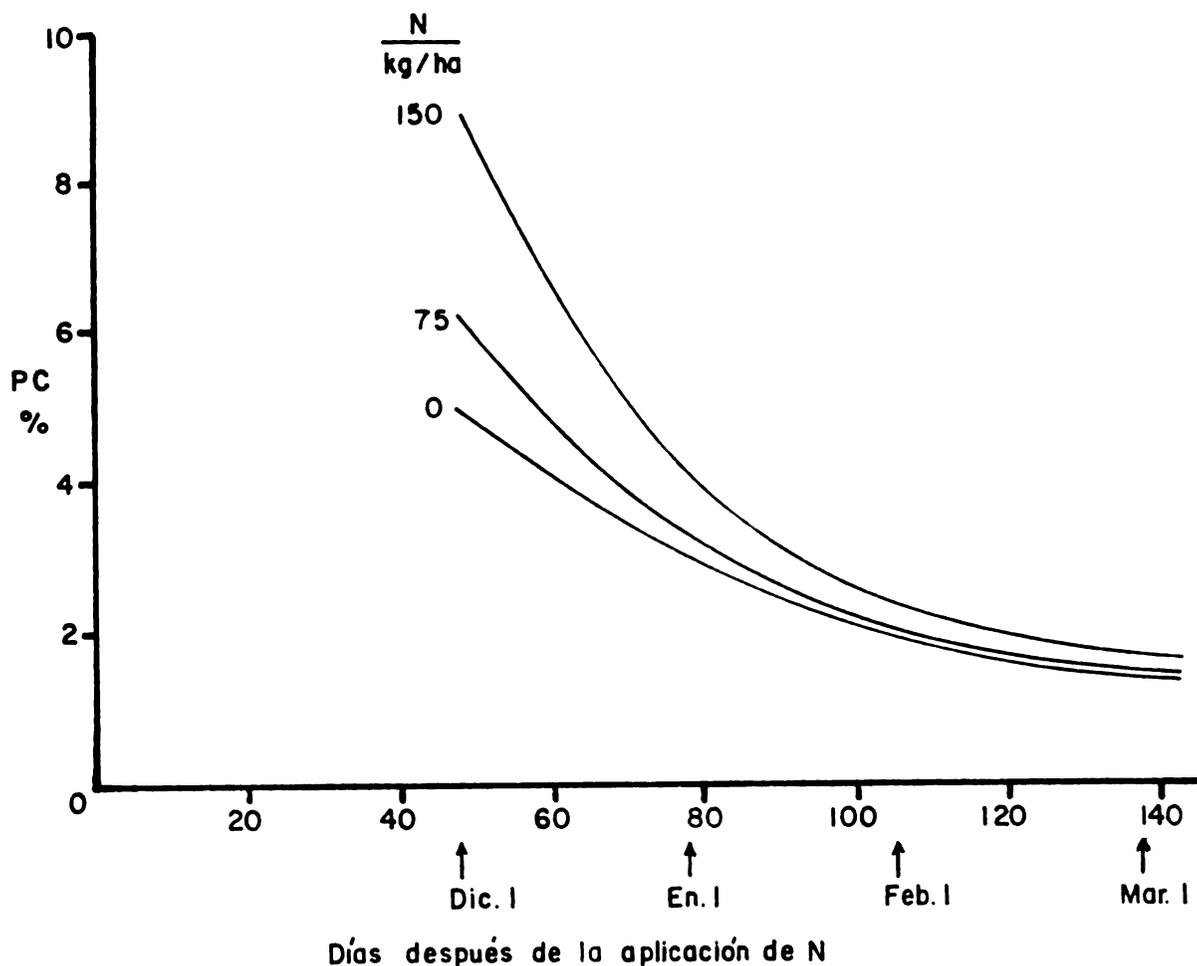


Fig. 4 Efecto de la estación seca (Dic.-Abril) sobre el tenor proteico del pasto Jaragua (gráfica basada en datos de Tergas et al., 1971).

En vista de los decaimientos en el valor proteico de los pastos debe esperarse también un decaimiento de la producción, precedido por una reducción en el consumo el cual a su vez estaría causado por una menor tasa de digestión ruminal, resultado de una ingestión de nitrógeno por debajo de las mínimas necesidades de la población microbiana ruminal. Como se puede apreciar, entonces, un cambio crítico en el valor proteico (y/o energético) de los pastos desencadena una serie de eventos interrelacionados que terminan con un cambio en el nivel de producción animal.

Finalmente, es bien conocido que, además de las características nutricionales inherentes a los pastos tropicales existen fluctuaciones cuantitativas de la biomasa forrajera a través del año (Figura 5). Estas fluctuaciones son más evidentes en el trópico de clima húmedo/seco donde el crecimiento del pasto se detiene por efecto de la estación seca; sin embargo, en el trópico húmedo también se dan fluctuaciones marcadas. Por ejemplo, en el área de Turrialba, Costa Rica, a 600 m sobre el nivel del mar y con un promedio de 2600 mm de lluvia anual, la producción de forraje puede disminuir en un 80% en relación con la época de máximo crecimiento (Cubillos et al., 1975).

Con tales fluctuaciones en la disponibilidad de forraje, de 100% en el trópico húmedo/seco y hasta de un 80% en el trópico húmedo, sumado a la limitación energética, cierta limitación proteica y empobrecimiento del tenor proteico al establecerse la época seca, es fácil imaginar los problemas a resolver para lograr una producción sostenida y eficiente de leche. Contrario a la producción de carne, que puede pasar por períodos de penuria y realimentación sin gran menoscabo de la productividad, la producción de leche se espera que mantenga cierto grado de constancia a nivel de finca y a lo largo del año. Esta característica no solo asegura un ingreso diario relativamente constante sino que conduce a una mejor eficiencia de explotación de la habilidad de las vacas para producir leche. Sin embargo, con las limitantes antes señaladas, el productor debe plantearse ciertas posibles soluciones, para alcanzar su meta económica y lograr la mejor eficiencia posible en la utilización de sus recursos, incluyendo los animales.

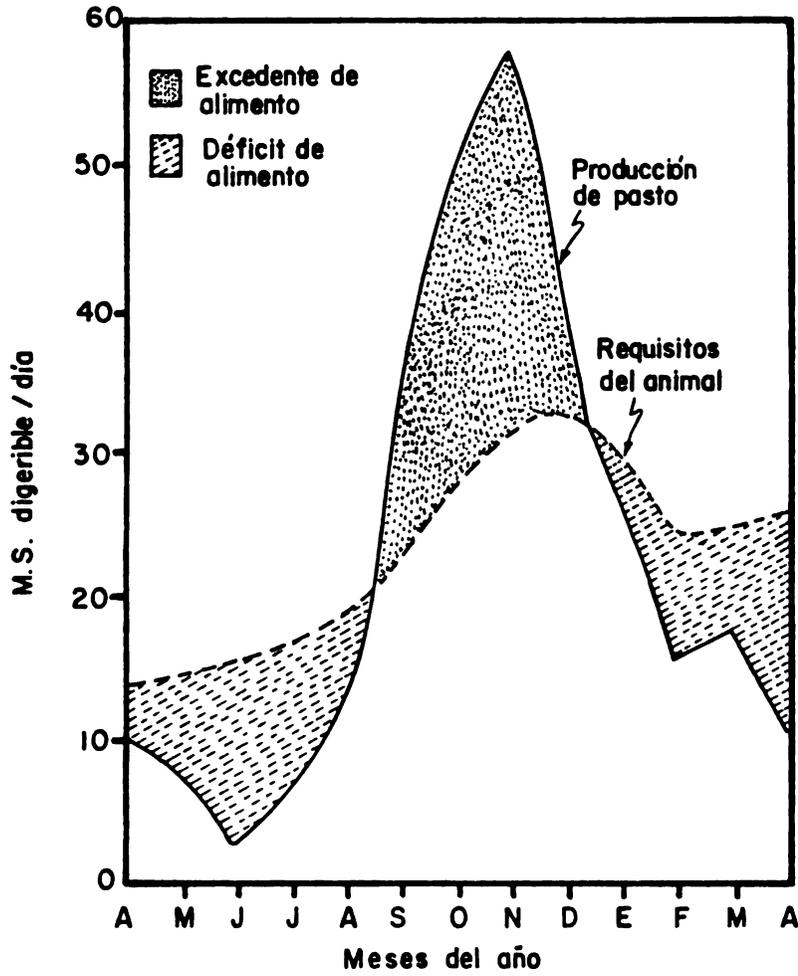


Fig. 5 Fluctuación típica de la disponibilidad del pasto durante el año y su relación a las necesidades de 4 novillos/ha.

**SUPLEMENTACION: JUSTIFICACION Y DEFINICION**

La alimentación suplementaria de animales en pastoreo es una de las alternativas que el productor puede aplicar para resolver la problemática planteada sobre las limitaciones de pasto para la producción de leche. De hecho, los mismos pequeños productores, de recursos limitados, en gran medida tienden a adoptar esta alternativa como se notó en el Cuadro 3. La práctica es de mayor incidencia en fincas lecheras de productores más pudientes.

Un desglose del Cuadro 3, en cuanto a los tipos de alimentos suplementarios usados se refiere, ofrece un cuadro de gran interés (Cuadro 6).

**Cuadro 6. Recursos alimenticios adicionales al pasto que usa el pequeño productor en Costa Rica<sup>a/</sup>**

	SISTEMA BOVINO	
	DOBLE PROPOSITO	LECHERIA ESPECIALIZADA
Fincas que usan alimentos suplementarios, %	37	41
Tipo de suplemento, %		
Concentrados comerciales	12	75
Melaza de caña	25	50
Bananos, desechos y residuos	65	62
Caña de azúcar	28	12
Otros (residuos de cultivos, etc.)	17	19

<sup>a/</sup>Ruiz (1981 b).

El interés se basa en la diversidad de alimentos suplementarios al pasto que utilizan los productores, en un aparente esfuerzo, no siempre atinado, en corregir las deficiencias nutricionales o escasez del pasto. Como se muestra en el Cuadro 6, los suplementos varían desde alimentos muy energéticos (concentrados, melaza, banano) hasta alimentos de bajo valor energético (residuos de cosecha). La alimentación suplementaria es una alternativa que le permite al productor mejorar el consumo de nutrientes por sus animales en situaciones en que la pradera es inefectiva para lograr un nivel dado de producción animal; por lo tanto, la suplementación se usa para promover la lactancia, mejorar la tasa de reproducción, la producción de lana o la tasa de crecimiento de los animales jóvenes. Aunque esta definición es de naturaleza biológica, la efectividad de la suplementación debe basarse en un análisis de rentabilidad económica y éste a su vez, será dependiente del marco y restricciones económicas de cada lugar.

Consecuentemente, y de acuerdo a la definición, alimentación suplementaria de animales en pastoreo puede ser aquella que se ofrece en la estación seca en respuesta a un faltante de pasto (la pradera no provee suficientes cantidades de todos los nutrientes) o aquella que se ofrece en la época de lluvias pero que busca subsanar una deficiencia nutricional específica, usualmente energía.

Al tratarse el tema de suplementación de vacas en pastoreo, usualmente se consideran cuatro posibles tipos de suplemento:

- a. Suplementos energéticos
- b. Suplementos proteicos
- c. Suplementos minerales
- d. Suplementos voluminosos

Los suplementos minerales son, en la mayor parte de los casos, suplementos que corrigen deficiencias nutricionales resultantes de deficiencias del suelo. Una vez que se identifica una deficiencia mineral, su corrección es muy sencilla y trae resultados muy espectaculares. En el trópico latinoamericano, una deficiencia muy común es la del fósforo cuya corrección es más efectiva y rápida por medio de suplementos al animal ricos en P que por medio de aplicaciones de  $P_2O_5$  a la pradera (Ríos, 1972). Recientemente se ha estado llevando a cabo un conjunto de trabajos en varios países latinoamericanos para detectar no sólo áreas con deficiencia de elementos minerales sino también con niveles tóxicos de ellos (Universidad de Florida, 1978). Sumado a la publicación de la Universidad de Florida (1978), las de Cohen (1975) y Nicholas y Egan (1975) deben servir al lector para que profundice en los detalles de este campo. En la práctica, a menos que ya se haya diagnosticado el status mineral de la finca, lo mejor es asegurarse que el hato esté diariamente suplido con mezclas de los minerales esenciales (Ca, P, Mg, K, Na, Cl, S, I, Fe, Cu, Co).

Los suplementos voluminosos serían aquéllos que se proveerían a los animales en casos de obvia declinación en la biomasa presente en la pradera (estación seca, épocas frías o de alta nubosidad) o en casos de sistemas de semi-estabulación mediante lo cual se busca una intensificación del uso de la finca (alta carga). Los suplementos voluminosos se podrían definir como alimentos que tienen bajo contenido de energía metabolizable ( $<2$  Mcal/kg MS), bajo contenido de proteína cruda ( $<8\%$ ) y alto nivel de fibra ( $>60\%$  pared celular). Estos incluirían residuos de cultivos, henos, ensilajes y forrajes de corte. Para propósitos del presente documento poco énfasis se dará a este grupo de suplementos por la amplitud del tema y porque el documento versa sobre suplementación en condiciones de pastoreo, condiciones en que poco se justifica el uso de suplementos voluminosos.

Los suplementos proteicos comprenderían alimentos con más de  $20\%$  de PC, según definición de Jeffery (1971). En este grupo se comprenderían las tortas de oleaginosas, gallinaza, forrajes de yuca y camote, harinas de origen animal (de carne, de pescado, de sangre) y las fuentes de nitrógeno no proteico (NNP). La necesidad de emplear estos suplementos no es permanente, aunque como se hizo notar antes, en condiciones de praderas tropicales pueden presentarse situaciones de insuficiencia de nitrógeno dietético.

" En la práctica es difícil, sino imposible, distinguir deficiencias proteicas de deficiencias energéticas del ganado en pastoreo. La razón de ello es que si ocurre un consumo deficitario de nitrógeno, entonces la actividad microbiana se reducirá, la tasa de digestión en el rumen disminuye y ésto causará una reducción del consumo (Egan, 1965). El efecto final es una deficiencia creada de energía para el animal. Esta es la situación que puede presentarse si el nivel de N en el forraje es menor a 1% de la MS (Blaxter y Wilson, 1963).

Como se había demostrado anteriormente, en condiciones de producción de leche en praderas tropicales, el nutriente más probable a ser limitante es la energía. Por la magnitud en que hay que suplirla y por la duración de la suplementación, usualmente éste también es el nutriente más caro a nivel de finca y por año. Por otro lado, en el trópico se cuenta con una gran variedad de recursos ricos en energía, muchos de ellos se encuentran como desechos y, por ende, de bajo o ningún costo. Así se mencionan cultivos como la yuca (Manihot esculenta), el camote (Ipomoea batatas), malanga (Colocasia esculenta), tiquisque (Xanthosoma spp.) y otros que almacenan energía como almidones en sus raíces. Otros cultivos como el plátano (Musa babesiana), el banano (Musa acuminata), y sus híbridos, almacenan energía, como almidones, en sus frutos; finalmente, cultivos como la caña de azúcar concentran altos niveles de energía en el tallo. Adicionalmente, se tiene una variedad de sub-productos como la melaza, derivados de la molienda de granos y forrajes de muy alta digestibilidad (como el pseudo-tallo de banano) que también proveen energía.

La mayoría de los trabajos de suplementación de vacas lecheras se han hecho con concentrados que han suplido no sólo la energía sino también alguna cantidad de proteína. Otros trabajos han utilizado productos tropicales ricos en energía ya sea sin ningún aditivo nitrogenado o combinado con NNP o una fuente de proteína verdadera. Esta es otra razón, adicional a la dada en el párrafo tras-anterior, para no intentar el tratar los efectos individuales de la suplementación energética y la suplementación proteica.

#### **NIVEL DE SUPLEMENTO**

La cantidad de suplemento que se ofrecen a vacas lactantes es altamente variable. En general, existe una tendencia a usar altos niveles de suplementos para vacas de raza europea, o con alto grado de encaste, y muy bajos niveles, o nada, cuando se trata de animales criollos o cruces, especialmente en explotaciones de doble propósito. Los resultados también son variables y éstos dependen de la cantidad de suplemento, de la naturaleza de éste, de la capacidad genética del animal para responder a un mejoramiento de su nutrición, de la carga animal y otros que se indicaron en la Figura 1.

Son contados los trabajos que se han hecho en el trópico en que se hayan comparado diversos niveles de suplemento. En el Cuadro 7 se resumen los resultados de los encontrados por el autor.

**Cuadro 7. Producción de leche en praderas tropicales con suplementación variable**

TRATAMIENTO	PRADERA	PRODUCCION DE LECHE KG/VACA	OBSERVACIONES Y REFERENCIA
<b>Desde día 30 hasta día 120 de lactancia</b>			
A. Concentrado, 1kg/4kg leche	Pangola	8.5 por día	A < B y A < C P (<0.01)
B. A + 0.5 kg melaza	Guinea, Gordura	9.2	Felix (1968)
C. A + 1.0 kg melaza		9.1	
<b>Desde día 84 hasta día 168 de lactancia</b>			
A. Solo pastoreo	Pangola	9952 por lactancia	A < B < C P (<0.05)
B. A + 1.9 concentrado/vaca/día		10648	
C. A + 3.8 kg concentrado/vaca/día		11557	Aronovich <u>et al.</u> (1966)
<b>Estado de lactancia y duración sin especificar</b>			
A. Concentrado, 1kg/vaca/día	Natural	7.0	Diferencias NS
B. Concentrado, 3kg/vaca/día		6.0	Esperance y Esquivel (1974)
C. Concentrado, 0.5kg/litro, después del 4to. litro		5.7	
<b>Desde día 90 hasta día 174 de lactancia</b> 5 niveles de harina de yuca (desde 0 hasta 2 kg/vaca/día)	Estrella Africana	Máximo aumento en producción de leche (14%) se obtuvo con 0.7kg/vaca/día	Diferencias no significativas. Lazarte (1978)
<b>Desde día 130 hasta día 230 de lactancia</b> 1.5kg melaza más niveles variables (0 hasta 1.2 kg MS/100kg PV/día) de banano	Estrella Africana	Máximo aumento en producción de leche (12%) se obtuvo con 0.2 kg MS banano/100kg PV/día	Diferencias no significativas. Villegas (1979)
Varias etapas de lactancia y durante 3 meses 0.5kg melaza con urea más niveles variables de banano verde (o hasta 1.2kg MS/100/PV/día)	Estrella Africana	Máximo aumento en producción de leche (20%) se obtuvo con 0.3 kg MS banano/100/kg PV/día	Diferencias fueron significativas. (P ≤ 0.01) Cerdas (1981)

Un análisis de la información del Cuadro 7 conduce a aseverar que bajo condiciones de pastoreo y baja carga, la suplementación puede causar un aumento en la producción de leche. Sin embargo, la respuesta es moderada y el nivel de suplementación que provoca esta respuesta es relativamente bajo. Es decir, al incrementar la cantidad de suplemento más allá de unos 3kg/vaca/día, ó 0.7kg/100kg PV/día, no conduce a aumentos adicionales en la producción de leche. En la mayoría de los casos los cambios en la producción, inducidos por la suplementación, no son significativos y por ello pueden no ser económicamente atractivos como lo encontraron Felix (1968) y Lazarte (1978). Sólo en una situación en que el suplemento casi no tenga un precio se haría recomendable la suplementación desde el punto de vista económico (Villegas, 1979; Cerdas, 1981).

Del Cuadro 7 sobresale la magnitud de la respuesta encontrada por Cerdas (1981). Este trabajo y los de Aronovich et al. (1966) y Felix (1968) se efectuaron en estados iniciales de lactancia y se lograron efectos significativos del suplemento. Los otros trabajos se iniciaron en etapas tardías de la lactancia y no muestran resultados significativamente diferentes. Esta anotación se hace con el fin de introducir otro factor a considerar cuando se suplementan vacas lecheras, cual es la fase en que se encuentran en su lactancia.

#### **SUPLEMENTACION SEGUN EL ESTADO DE LACTANCIA**

En el párrafo anterior se hizo mención que los resultados de experimentos de suplementación de vacas lecheras pueden verse afectados por la fase de la lactancia en que se encuentran los animales. Sobre el tema, se han hecho varias investigaciones en países de clima templado pero en condiciones tropicales sólo recientemente se llevó a cabo un trabajo para definir sensibilidad de respuesta al suplemento según la fase de lactancia (Cerdas, 1981). Previo a concluir algunos conceptos sobre el tema, es necesario revisar otros que ya son de dominio común.

#### **Suplementación de vacas primerizas durante su período de crecimiento**

Las novillas tienen un grado importante de requerimientos para crecimiento por lo que se espera que si ellas sufren una restricción alimentaria antes del primer parto no sólo se afectaría la producción de leche sino que tanto la tasa de crecimiento como el tamaño del animal al parto también se verían afectados. Aunque la vaca continúa creciendo hasta el sexto y hasta noveno año de edad, restricciones nutricionales de ellas no las afectarán tanto. No se cuenta al momento con datos del trópico pero lo que hay disponible (de países de clima templado) señalan que ya sea una restricción o exceso de alimentación durante el crecimiento de la novilla causará una posible disminución en la producción de leche. El Cuadro 8 contiene datos que ilustran este concepto y que se han extraído, en su mayor parte, de un artículo de Jeffery (1971).

**Cuadro 8. Efecto del plano nutricional durante el período de decrecimiento de novillas sobre la producción de leche<sup>a/</sup>**

TRATAMIENTO	PRODUCCION DE LECHE	REFERENCIA
Gemelas monozigotas, tratadas desde los 3 meses de edad	A > B (casi el doble)	Swanson y Spann (1954)
A. Raciones normales (sin granos después del año de edad)		
B. Granos <u>ad libitum</u>		
Desde los 4 hasta los 24 meses de edad	B > A (en la primera lactancia)	Swanson y Hinton (1962)
A. Ración restrictiva (sólo 66% de los NDT del B)	B = A (en la segunda lactancia)	
B. Raciones normales		
Desde el nacimiento hasta el primer parto	No hubo diferencias	Reid <u>et al.</u> (1963)
A. 62% del estándar de Morrison	En las primeras cuatro lactancias (Promedios,	
B. 100% del estándar de Morrison	A: 4501 kg;	
C. 146% del estándar de Morrison	B: 4594 kg;	
	C: 4440 kg)	

<sup>a/</sup> Información extraída de la revisión de Jeffery (1971).

### **Suplementación a mitad de la lactancia**

Prácticamente todos los experimentos de suplementación de vacas lecheras en pastoreo, en ambiente tropical, se han hecho una vez que los animales ya han pasado el pico de su lactancia. Una razón principal de ello es que por facilidad de análisis estadístico se prefiere la fase de crecimiento casi lineal de la producción y existen planteamientos para ello (Lucas, 1956). Incluso, con experimentos en esta fase se han usado modelos de reversión que resuelven el problema de la alta variabilidad entre vacas, tomando cada animal como su propio testigo (véase por ejemplo Ruiloba et al., 1980).

Como lo indican Combellas et al. (1979), los ensayos de suplementación han estado orientados a explotar mejor la capacidad lechera de vacas de razas europeas; sin embargo, las respuestas han sido muy pequeñas. En trabajos con pas-

turas de clima templado se sabe que existe un efecto de sustitución del pasto por el suplemento y en recientes trabajos en el trópico también se demuestra este efecto (Figura 6) aunque se puede calcular que, debido a la baja digestibilidad del pasto, la suplementación redundaría en un mejoramiento en el consumo energético (Villegas, 1979). Entonces, ¿a qué se debe que la respuesta de la vaca lechera sea menor que la esperada? Combellas *et al.* (1979) ofrecen un cuadro de

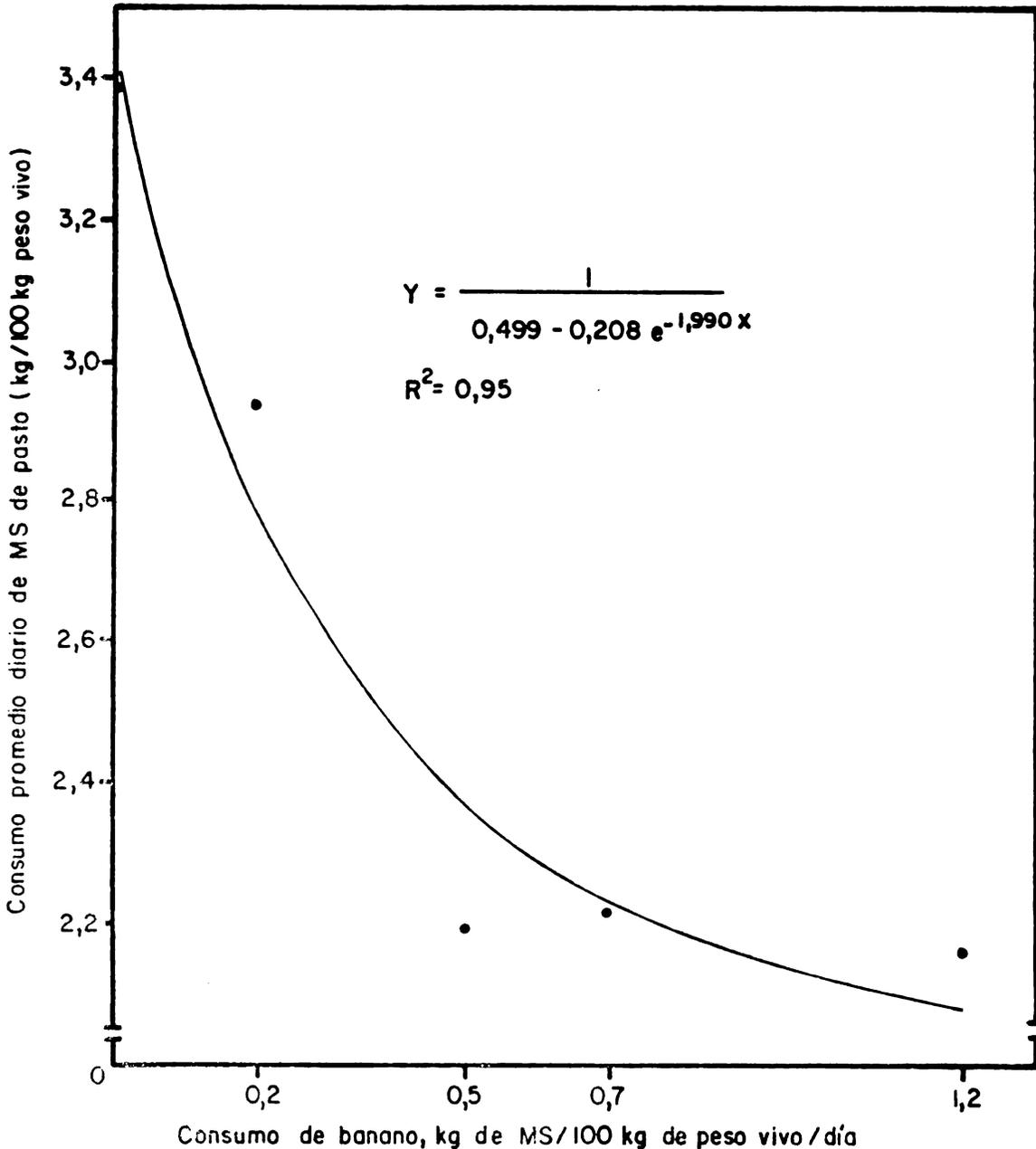


Fig. 6 Efecto de la suplementación con banano sobre el consumo de pasto Estrella en vacas lecheras (Villegas, 1979).

revisión de resultados de la literatura, que parcialmente se reproduce en el Cuadro 9, demostrando que, en promedio la respuesta de la vaca es de sólo 0.34 kg de leche por kg de suplemento. Esto es, cuando la suplementación se hace a mitad de la lactancia.

**Cuadro 9. Respuesta a la suplementación con concentrados, en vacas alimentadas con pastos tropicales <sup>a/</sup>**

PAIS	NIVEL DE SUPLEMENTACION (KG/DIA)	PERIODO DE LACTANCIA (SEMANAS)	PROD. LECHE SIN SUPLEMENTACION (KG/DIA)	RESPUESTA KG LECHE/ KG CONCEN TRADO
AUSTRALIA	3.8	17-30	8.8	0.48
	2.7	17-30	8.8	0.41
	1.1	17-30	8.8	0.64
BRASIL	3.8	11-23	10.0	0.42
	1.9	11-23	10.0	0.37
	4.1	10-22	10.8	0.35
	2.2	10-22	10.8	0.34
CUBA	3.6	10-30	9.5	0.21
	2.7	10-30	9.5	0.28
	11.8	10-30	9.5	0.31
VENEZUELA	6.9	14-28	7.6	0.40
	3.7	14-28	7.6	0.40
	3.1	14-28	7.6	0.66
PROMEDIO VARIOS ESTUDIOS			0.34	$\pm$ 0.17

a/ Combellas et al. (1979).

Conociendo que las vacas en pastoreo en clima tropical no se caracterizan por tener una condición física (estado nutricional) satisfactoria, la suplementación a mitad de la lactancia podría no ser efectiva porque el animal no está capacitado fisiológicamente para responder a un mejoramiento en el plano nutricional. Broster et al. (1969) indican que si ocurre una sub-nutrición al inicio de la lactancia el potencial lechero del animal se ve permanentemente afectado. Es decir, aun cuando se mejore la alimentación en estadíos posteriores de la lactancia esto no logrará que las vacas produzcan igual cantidad de leche que los animales que se alimentan bien desde el principio de la lactancia. Esto se puede ilustrar con la Figura 7.

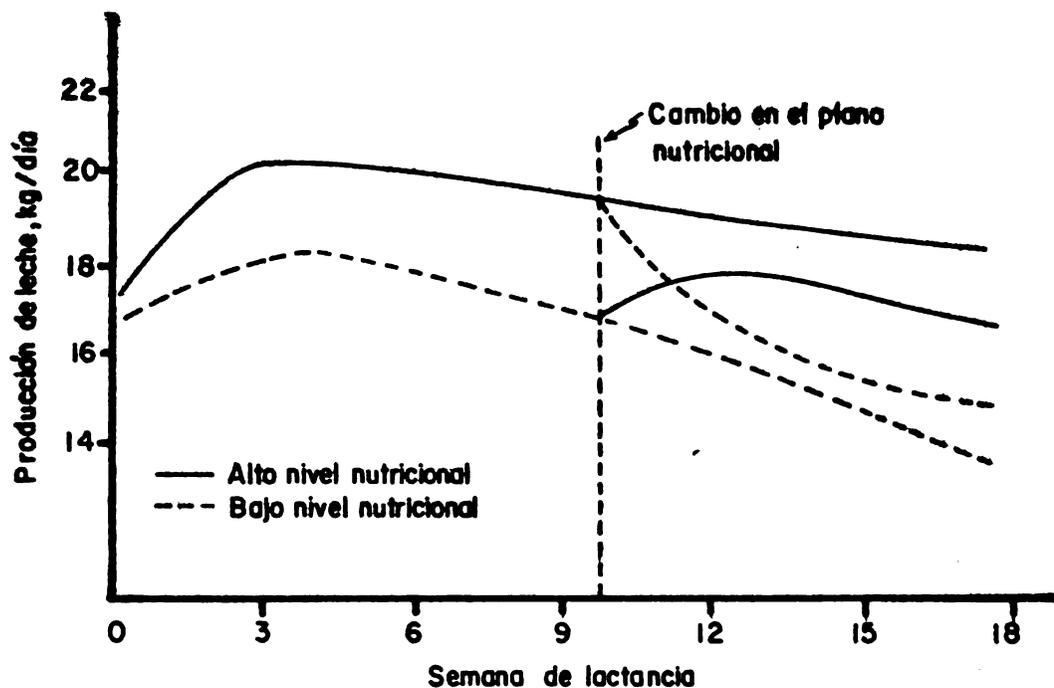


Fig. 7 Influencia del plano nutricional sobre la producción de leche. Las vacas con bajo nivel nutricional al inicio de la lactancia fallan en alcanzar un nivel óptimo de producción aún cuando se mejore su nutrición.

En la Figura 7 también se explica que si una vaca está bien alimentada desde el principio de la lactancia, cualquier empobrecimiento de su nutrición en etapas posteriores causará una reducción en su producción de leche pero no al nivel en que se encuentra una vaca que al principio de la lactancia haya estado mal alimentada, a menos que a ésta se le mejore el plano nutricional.

Además, la suplementación a mitad de la lactancia no produce resultados claros porque en esta fase la vaca se encuentra en una franca recuperación de reservas perdidas al inicio de la lactancia y paulatinamente mayor proporción de los nutrientes ingeridos se destinan para este propósito antes que a producción de leche que va declinando rápidamente. Un trabajo hecho por Molina (1973) ilustra claramente cómo, en vacas en media lactancia la suplementación sólo causa ligeros aumentos en producción de leche pero grandes incrementos en peso (Cuadro 10).

**Cuadro 10. Efecto del suplemento<sup>a/</sup> sobre la producción de leche y ganancia<sup>b/</sup> de peso en vacas lecheras entre el tercer y sexto mes de lactancia**

HORAS DE CORRAL	CONSUMO DE SUPLEMENTO KG/VACA/DIA	PRODUCCION DE LECHE, KG/VACA/DIA		GANANCIA DE PESO KG/VACA/DIA
		INICIAL	AUMENTO	
18	13	7.07	2.21	0.6
16	12	7.38	2.01	0.8
12	8.5	7.55	1.51	1.0
8	8.6	7.53	1.01	0.5
2	4.8	7.58	0.54	0.4
0	0	7.09	0	0.1

<sup>a/</sup> El suplemento consistió en 74% melaza, 18% torta de algodón, 8% harina de carne y hueso y 2.500 UI Vitamina A/kg de suplemento.

<sup>b/</sup> Datos de Molina (1973).

// Esta sección se resume indicándose que la respuesta de la vaca lechera, que se suplementa a mitad de la lactancia, será muy tenue (y probablemente no rentable) si:

- a. La capacidad genética del animal para producir leche es baja.
- b. El plano nutricional al inicio de la lactancia es pobre.

- c. La vaca ya entró en un proceso de recuperación de peso y se reduce la prioridad fisiológica para producción de leche.

### **Suplementación al inicio de la lactancia**

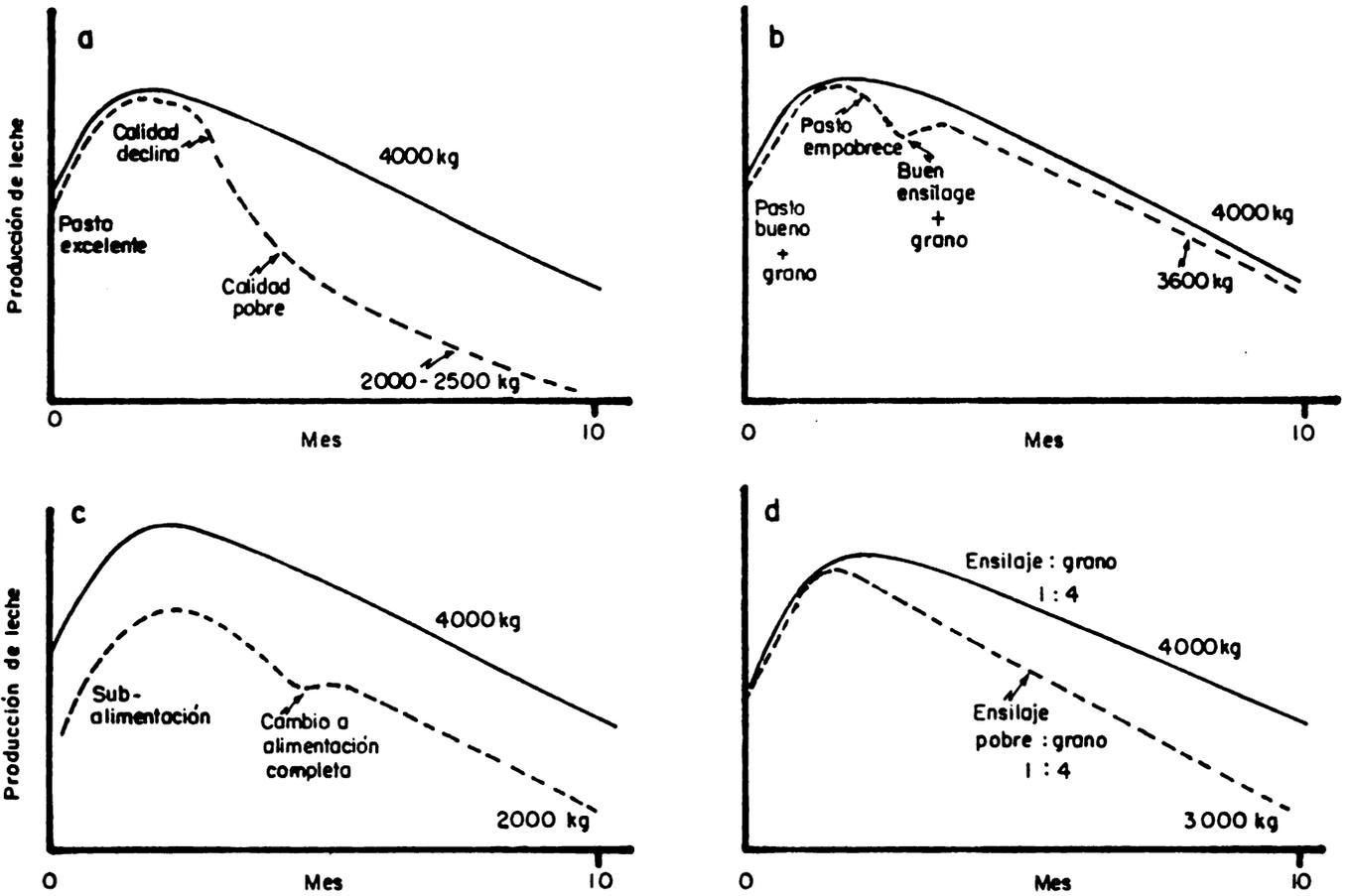
Blaxter y Broster (citados por Jeffery, 1971) han llegado a la conclusión que la respuesta de la vaca a la suplementación es directamente proporcional al nivel de producción al inicio de la lactancia. Broster y Clough (1974) llegan a ofrecer una regla sencilla de que por cada kg de leche que se deje de producir en el pico de la lactancia se perderán unos 150 kg de leche en la lactancia.

La importancia de la alimentación al inicio de la lactancia se puede ilustrar con cuatro situaciones posibles de encontrar (Figura 8).

En la Figura 8a se representa una situación que es común encontrar. Se trata de un sistema de alimentación basado exclusivamente en pastoreo; en este caso particular se trata de una vaca que pare durante la época de buen crecimiento del pasto y tiene ante sí un material de calidad aceptable. Por esta razón y por que la vaca tiene una buena condición física, la producción de leche al inicio de la lactancia está en o muy cerca de, la capacidad genética del animal (indicada por la curva sólida). Sin embargo, al avanzar la lactancia, los potreros empiezan a deteriorizarse quizás por la entrada de la época seca; como consecuencia, la producción de leche decae más allá de lo esperado normalmente y ésto representará un rendimiento total de apenas 50% a 62% de lo que potencialmente pudiera haberse obtenido.

En la Figura 8b, se tiene el mismo panorama que el explicado anteriormente, excepto que, en este caso, el productor, al notar el deterioro de sus pastos, acude a un suplemento. Aquí, en la gráfica, el suplemento consiste de un buen ensilaje y granos. Lo importante de la Figura 8b es que a pesar que la producción de leche ya había decaído, antes de dar el suplemento, el animal es capaz de responder a éste y prácticamente retornar a los niveles esperados. Esto fue posible porque al inicio de la lactancia se tuvo el cuidado de alimentar bien al animal. Como resultado, la merma en la producción total es muy pequeña.

En la Figura 8c, se comienza con una vaca que pare en una época crítica. El alimento es malo o escaso, o ambos, y el incremento inicial en la producción de leche es en gran medida basado en las reservas del animal. Pasado el pico de la lactancia, la producción decae pero, en este caso, el productor quizás ha apreciado la medida correctiva que tomó el productor mencionado en el párrafo anterior y decide hacer lo mismo. Es decir, suple al animal con un alimento de alta calidad. En algún punto intermedio del período de lactancia. La Figura 8c muestra que sí existe una respuesta del animal a esa mejora en la alimentación pero que esta respuesta es muy baja y nunca eleva la producción a niveles potenciales. Esta ilustración es reminiscente de los datos del



**Fig. 8** Influencia del plano nutricional al inicio y a la mitad de la lactancia sobre la producción de leche.

Cuadro 9. Las razones: un animal "gastado", una fase de franca disminución de la función de producción de leche y recuperación de reservas (véase nuevamente la Figura 8) y un deficiente nivel de producción al inicio de la lactancia.

Finalmente, la Figura 8d ofrece un caso que, en ciertos respectos, es similar a los presentados en las Figuras 8a y 8b. La diferencia es que la vaca se inicia bien en su lactancia, su producción decae más allá de lo esperado por empobrecimiento de la pradera pero que este decaimiento no se ve evitado o subsanado (como en la Figura 8b) debido a que el suplemento es de baja calidad, como podría ser el caso de un ensilaje mal elaborado.

Todo lo anterior enfatiza la importancia capital del plano nutricional (y la producción resultante) al inicio de la lactancia. Si al inicio el animal no se alimenta ni produce bien, no importará qué medidas correctivas se tomen después, a media lactancia, el resultado será una pobre producción total.

Un mejoramiento de la producción de leche al inicio de la lactancia es más eficiente que un mejoramiento a mitad de la lactancia. En condiciones tropicales sólo se conocen dos evidencias. Una de ellas es otra revisión que hizo J. Combellas (comunicación personal) encontrándose que la respuesta a la suplementación es de 0.46 kg de leche/kg de concentrado, superior al índice de 0.34 encontrado para suplementación a mitad de la lactancia (Cuadro 9). La otra evidencia proviene de una reciente tesis (Cerdas, 1981) en que se sometieron a vacas en diferentes estados de lactancia a diferentes niveles de suplementación. El período de suplementación fue de 3 meses. En primer lugar, se encontró que la mejor respuesta se obtuvo al suplementar con sólo 0.3 kg MS de banano/100 kg peso vivo/día (Cuadro 11), lográndose un 20% más que en condiciones de pastoreo más 1 kg melaza/vaca/día.

**Cuadro 11. Producción de leche de vacas en pastoreo suplementadas con diversos niveles de banano verde y una cantidad constante de melaza (1 kg/animal/día) <sup>a/</sup>**

<b>NIVEL DE BANANO KG MS/100KG PV/DIA</b>	<b>PRODUCCION PROMEDIO DE LECHE KG/VACA/DIA</b>
Cero	7.7
0.3	9.2
0.7	7.9
1.2	8.0

<sup>a/</sup> Cerdas (1981).

En segundo término, y éste es el que ocupa la atención de esta sección, se notó una clara diferencia en la respuesta dependiendo del estado de lactancia en que se encontraba el animal. Así, Ruiz (1981a) calculó los datos de Cerdas (1981) para un nivel de suplementación de 0.3 kg MS de banano (1.5 kg en base fresca)/100 kg de peso vivo. Los datos se muestran en el Cuadro 12.

**Cuadro 12. Respuesta en la producción de leche al suplementar vacas en pastoreo con banano verde<sup>a/</sup>**

MOMENTO EN QUE SE INICIA LA SUPLEMENTACION DE 3 MESES	PRODUCCION DE LECHE, kg/DIA	
	SIN SUPLEMENTO	CON BANANO
Un mes antes del parto	7.9	10.6
Al parto	8.9	10.3
Un mes después del parto	8.4	10.8
Tres meses después del parto	6.4	8.0
Cinco meses después del parto	6.8	6.2
PROMEDIOS	7.7	9.2

<sup>a/</sup> 1.5 kg banano verde (base fresca/100 kg PV/día).

Por lo visto, la suplementación, para que sea más efectiva, debe iniciarse un mes antes del parto (mejorando la condición física de la vaca), al parto o 1 mes después del parto. Ya al entrar al quinto o sexto mes de lactancia, la suplementación debe suspenderse pues es ineficiente. Para eliminar interpretaciones erróneas se indica que al usar banano para vacas lecheras, se debe añadir proteína. En el caso que se use 1.5 kg de banano verde/100 kg PV/día, habría que dar unos 40 g de harina de carne y hueso (u otra fuente proteica similar) y 2 g de urea/100 kg PV/día, mezclado con un poco de melaza para evitar rechazos debido a la urea.

Coincidiendo con las conclusiones resultantes del trabajo de Cerdas (1981), Broster y Clough (1974) recomiendan que la suplementación debe iniciarse antes del parto, incrementarse en la fase inicial de aumento de la producción de leche y luego reducirse hasta llegar a su eliminación dependiendo de la calidad de la pradera. Esta recomendación se ilustra en forma esquemática en la Figura 9.

L/día (pico)	kg suplemento/L	Corte de suplemento a semana
23+	0.7	12
15-23	0.55	10
13-15	0.4	8

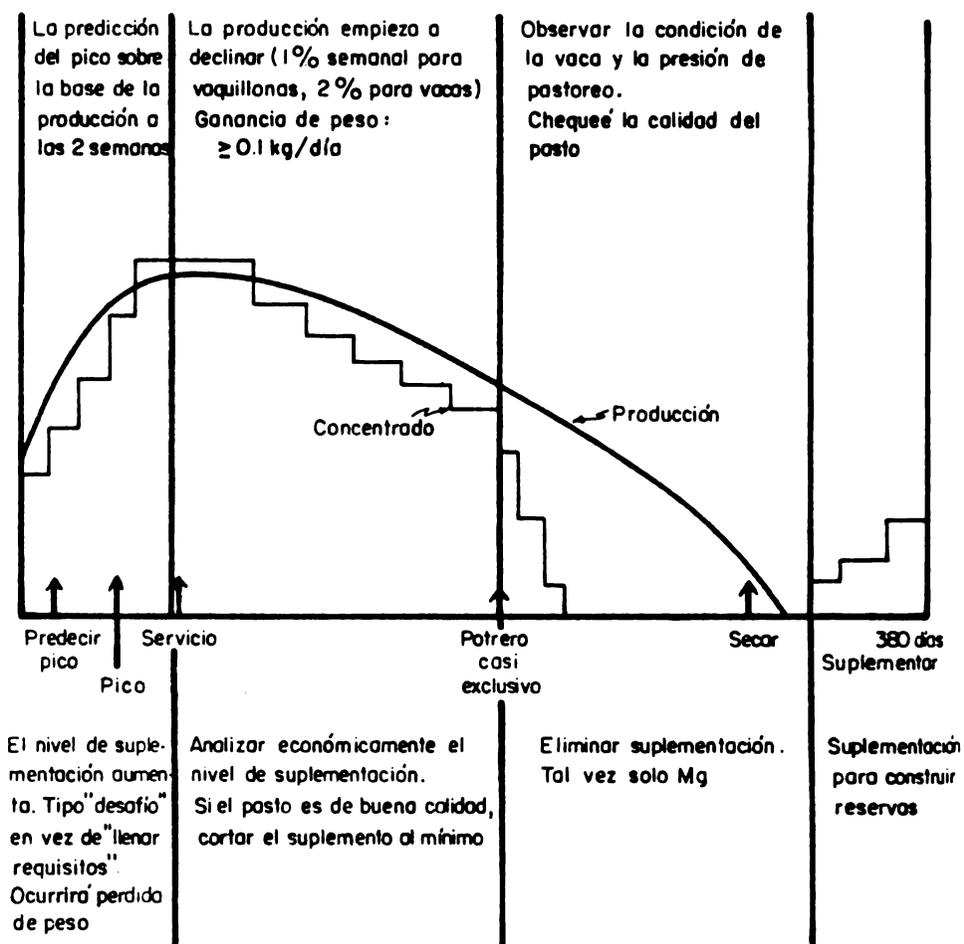
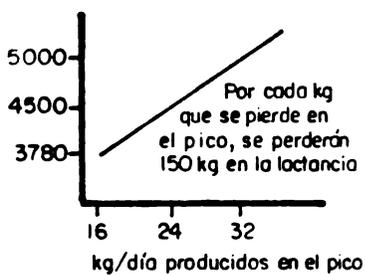


Fig. 9 Un ejemplo de un buen programa anual de alimentación de vacas lecheras (Broster y Clough, 1974).

## UN METODO PARA EL CALCULO DEL TIPO Y NIVEL DE SUPLEMENTO REQUERIDO

### Principios

Es común emplear las tablas del NRC (1978) o ARC (1968) para balanceo de raciones para diferentes tipos de ganado lechero y diferentes niveles de producción. Recientemente, se ha desarrollado un método que ha sido relativamente realista para condiciones del trópico; éste fue conceptualizado por Van Es (1974). Para condiciones de máximo consumo de forraje, en condiciones de pastoreo, los aspectos a tomar en cuenta son:

- a. Conocer las características del pasto (energía bruta, energía metabolizable, proteína digerible).
- b. Conocer la producción de leche.
- c. Conocer los requisitos de energía neta para mantenimiento, producción de leche, preñez y pastoreo.
- d. La eficiencia de conversión de energía metabolizable (FM) a energía neta (EN) es de 58% siempre y cuando la relación  $\frac{EM}{E.bruta} = 56$ . Si esta

última relación es diferente, entonces la eficiencia  $\frac{EN}{EM}$  se ve afectada.

El efecto es que por cada unidad porcentual en que disminuya la relación  $\frac{EM}{EB}$ , la conversión de EM a EN disminuye en 0.4%.

### El Problema

El siguiente ejemplo afianzará los principios dados e ilustrará el procedimiento a seguir.

Se trata de una vaca en una pradera es Estrella Africana y se desea saber qué producción de leche se puede esperar. Los datos son:

#### a. Componente Animal

- Peso de la vaca : 400 kg (89.4 kg<sup>3/4</sup>)
- Lactancia : Completa, pero el nivel de producción es la incógnita
- La vaca se sirve y queda preñada

#### b. Componente Pastos

- Especie : Estrella Africana
- Disponibilidad : Sin limitaciones serias (carga baja)

- Contenido de EB : 4.4 Mcal/kg MS
  - Contenido de EM : 2.0 Mcal/kg MS
  - Contenido de PD : 5% base seca
  - Consumo de MS : 2.8 kg PV/día
- c. Requisitos del Animal
- Mantenimiento : 120 kcal EM/kg<sup>3/4</sup>/día  
(69.6 kcal EN<sub>56</sub>\*/kg<sup>3/4</sup> día)
  - Gestación : 185,600 kcal EN<sub>56</sub>
  - Lactancia : 730 kcal EN<sub>56</sub>/kg leche con 4% grasa
  - Pastoreo : 30% del requisito de mantenimiento

### **La Solución**

- a. Necesidades de la vaca/año
- Mantenimiento :  $69.6 \times 89.4 \times 365 = 2271$  Mcal
  - Gestación : = 186 Mcal
  - Pastoreo :  $0.3 \times 2271 = 681$  Mcal
  - Lactancia : = ?
- b. Aportes del Pasto
- Consumo de EM :  $2.8 \times 4 \times 2 \times 365 = 8176$  Mcal
  - Consumo de EN :  $8176 \times 0.58 = 4742$  Mcal (pero  $\frac{EM}{EB} = 45\%$ )
  - Eficiencia real de conversión de EM → EN  
Cuando  $\frac{EM}{EB} = 45\%$  :  $58 - (56 - 45) \times 0.4\% = 53.6\%$
  - Consumo de EN<sub>56</sub> :  $8176 \times 0.536 = 4382$  Mcal
- c. Energía Neta Disponible para Producción de Leche
- b - a = 1244 Mcal
  - Cálculo de producción total de leche:  $1244 \div 0.73 = 1704$  kg
  - Producción promedio por día :  $1704 \div 305 = \underline{\underline{5.6 \text{ kg}}}$

---

\*EN<sub>56</sub> es un símbolo de energía neta requerida cuando la relación  $\frac{EM}{EB} = 56\%$

## La Respuesta

Tomando en consideración sólo el aspecto energético (el factor más limitante en condiciones tropicales) la vaca recibiría suficiente energía para mantenerse, gestar, pastorear y producir 5.6 kg leche (4% grasa) por día.

Ahora si se desea tomar en consideración las necesidades de proteína digerible, lo mejor será usar las tablas del NRC (1978). Según las especificaciones del problema, la vaca consume en el año  $2.8 \times 4 \times 0.05 \times 365 = 204$  kg de proteína digerible. Las necesidades son:

Mantenimiento	: 245 x 10 meses x 30 días =	74 kg
Mantenimiento + preñez (2 meses)	: $355 \times 2 \times 30 =$	21 kg
Lactancia	: 1704 x 51	= 87 kg
		<hr/>
Total		182 kg

Según los cálculos, la vaca tiene un exceso de consumo de proteína digerible de  $204 - 182 = 22$  kg por año.

Ahora bien, considérese que se desea explotar la capacidad del animal para producir leche (es decir, 5.6 kg leche/día no es el techo genético del animal) y que el animal es capaz de producir hasta 10 kg de leche/día. Una primera decisión a tomar es si se debe suplementar hasta alcanzar ese potencial o, como quizás sería más apropiado, si se suplementa sólo el nutriente faltante para lograr el máximo uso de toda la proteína digerible que aporta el pasto. Supóngase que esta segunda posibilidad es la más adecuada desde el punto de vista económico. Entonces:

- El exceso de proteína es suficiente para producir:  $22000 \div 51 = 431$  kg de leche adicionales por lactancia, o sea:  $431 \div 305 = 1.4$  kg más por día, elevándose ahora la producción total diaria a 7 kg leche.

- La producción de 1.4 kg de leche adicional requerirá de:

$$1.4 \times 730 = 1022 \text{ kcal EN}_{56} \text{ suplementaria por día}$$

- Si se usa melaza de caña, ésta tiene 75% MS, 4.4 Mcal EB/kg MS y 3.27 Mcal EM/kg MS. Entonces:

$$1022 \text{ kcal EN}_{56} = 1762 \text{ kcal EM si } \frac{\text{EM}}{\text{EB}} = 56\%$$

Pero  $\frac{\text{EM}}{\text{EB}}$  en melaza es:  $\frac{3.27}{4.4} = 74\%$  por lo tanto:

$$1022 \div 0.65 = 1572 \text{ kcal EM}$$

La cantidad de melaza a usar, sería:

$$1572 \div 3,270 = 0.48 \text{ kg MS/vaca/día}$$

$$= 0.48 \div 0.75 = 0.64 \text{ kg base fresca/vaca/día}$$

## EFFECTOS A CORTO PLAZO DE LA SUPLEMENTACION

### Nivel de Producción Láctea

Aunque repetitivo, ha quedado claro que un efecto de la suplementación de vacas en pastoreo es un aumento en la producción de leche. Sin embargo, este aumento es de importancia sólo cuando la suplementación se lleva a cabo desde el inicio de la lactancia (o poco antes de ella) y si las vacas tienen la capacidad genética para responder a un mejor plano nutricional.

Otros efectos de la suplementación, a corto plazo, son:

### Composición de la Leche

Como se había indicado antes, la suplementación en condiciones de pastoreo, en el trópico, va a consistir, normalmente, de energía. Esto quedó claramente demostrado en el ejemplo previo de suplementación. Por lo tanto, la suplementación energética influirá en la composición de la leche aumentando los sólidos no grasos totales y, si el nivel suplementario es muy alto, reduciendo el tenor de grasa. Esto se deduce de varios trabajos y, como ejemplo, se ofrecen los datos de Ronning y Laben (1966) en el Cuadro 13.

**Cuadro 13. Influencia de la relación heno: grano sobre la producción y composición de la leche<sup>a</sup>**

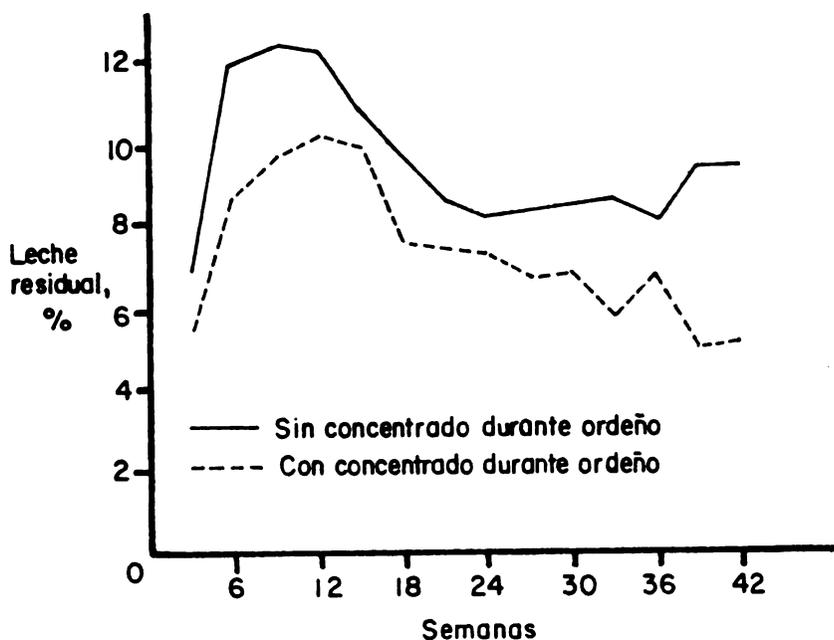
	RELACION HENO: CONCENTRADO			
	90:10	60:40	30:70	0:100
Producción de leche, kg/día	14.2	17.5	17.1	17.5
% Grasa	3.6	3.6	3.5	2.4
Producción de leche corregida al 3.75% grasa, kg/día	13.6	16.0	15.5	13.3
% Proteína	3.46	3.52	3.60	3.46
% Lactosa	4.63	4.86	4.57	4.71
% Sólidos no grasos	8.8	9.18	9.13	8.91

<sup>a</sup>/ Ronning y Laben (1966)

## Eficiencia del Ordeño

La suplementación puede efectuarse ya sea durante el ordeño o después de él. La mayoría de los productores que suplementan lo hacen durante el ordeño por razones de mayor docilidad y facilidad de manejo del animal.

Recientes datos de Brandsma (1978) indican que el hecho de suplementar durante el ordeño influye en una mejor extracción de la leche (es decir, mayor producción), reduciéndose así la cantidad de leche residual. Otra ventaja es que, dado que la leche residual es muy rica en grasa (Lane *et al.*, 1970), entonces la leche producida por vacas que se suplementan durante el ordeño tiene más concentración de grasa que la leche de vacas que se suplementan después del ordeño. Esto se aprecia en la Figura 10.



	Concentrado, 05 kg/vaca	
	Durante ordeño	Post ordeño
Producción de leche, kg / día	11.0*	10.4
Grasa, g/día	431.0*	407.0
Leche residual, %	6.0*	11.6

Fig. 10 Efecto de la suplementación durante el ordeño sobre la leche residual y producción diaria (Brandsma, 1978).

## EFFECTOS A LARGO PLAZO DE LA SUPLEMENTACION

### Largo de la Lactancia

Debido a que la síntesis de leche puede originarse de la energía tanto de reserva como alimenticia, es lógico esperar que con suplementación la vaca pueda mantenerse, por mayor tiempo, con capacidad de producir leche si es que se suplementa adecuadamente. Este efecto de la suplementación se va a hacer más notorio a medida que peor sea el plano nutricional de la vaca no suplementada. Así, por ejemplo, a medida que disminuye la disponibilidad de forraje, la suplementación va a tener un mayor impacto sobre el largo de la lactancia. Los datos del Cuadro 14 provienen del artículo de Cowan et al. (1975) y sirven para ilustrar el concepto.

**Cuadro 14. Efecto de la carga animal y suplementación con maíz sobre la duración de la lactancia (datos de 2 años) a/**

	CARGA, VACAS/HA				PROMEDIO
	1.3	1.6	1.9	2.5	
Sin maíz, días	278	270	255	259	266
3.6 kg maíz/vaca/día	305	298	290	254	287
Promedio	292	284	272	256	276

a/ Cowan et al. (1975)

En el Cuadro 14 se muestra que llega un punto en que aún con suplementación (a bajo nivel) no se llega a evitar el efecto detrimental de una carestía de forraje, indicado ésto en el Cuadro 14 a una carga de 2.5 vacas/día.

### Problemas Fisiológicos

La suplementación excesiva puede ocasionar disturbios reproductivos y metabólicos que van a incidir negativamente en la productividad del hato. Un caso es aquél en que la ternera se cría bajo un sistema intenso de alimentación que reduce la capacidad de la ubre para síntesis de leche, principalmente por acumulación de grasa en la glándula mamaria. Fronk y Schultz (1978) ofrecen otra evidencia de problemas que se crean al excederse la suplementación (Cuadro 15) de vacas en su fase no lactante.

**Cuadro 15. Alimentación de vacas secas a base de forraje o forraje con suplemento <sup>a/</sup>.**

	TRATAMIENTO	
	HENILAJE <u>ad lib.</u>	ENSILAJE <u>ad lib.</u> MAS 6.8 kg GRANOS/DIA
Ganancia de peso en período seco, kg	38.5	77.1
Producción de leche (2-9 semanas), kg/día	30.4	31.4
Desórdenes en primeras 11 semanas (22 vacas por grupo):		
-Cetosis	3	5
-Fiebre de leche	2	7
-Retención de placenta	3	1
-Metritis	1	2
-Mastitis	8	12

a/ Fronk y Schultz (1978).

### **Reproducción**

A falta de datos que se hayan obtenido de trabajos con vacas lecheras, se ofrece el Cuadro 16 que prueba que la suplementación acarrea beneficios a largo plazo en la eficiencia de reproducción.

**Cuadro 16. Suplementación proteica de vacas durante 3 estaciones secas consecutivas <sup>a/</sup>.**

	TESTIGO	TORTA DE ALGODON <sup>b/</sup>
Pérdida de peso en invierno, kg	70.0	30.4
Aumento de peso en época de lluvias, kg	86.8	51.8
Porcentaje de partos (promedio de 3 años)	63.3	76.3
Porcentaje de partos (últimos 2 años)	57.0	74.5
Promedio de peso al destete	153.4	176.6
Promedio de mortalidad anual (%)	9.6	0.6

<sup>a/</sup> Bembridge (1963)

<sup>b/</sup> La torta de algodón se suministró a una tasa de 0.45 a 0.91 kg/día, durante el invierno (época seca) solamente.

El Cuadro 16 muestra, además, que la cría de vacas suplementadas estaría mejor capacitada para sobrevivir y desarrollarse exitosamente. Evidentemente, los porcentajes de parición en el Cuadro 16 son inferiores a los que usualmente se encuentran en hatos lecheros; por lo tanto, el efecto benéfico de la suplementación sobre este parámetro en vacas lecheras no sería tan evidente.

#### COMENTARIOS FINALES

A través del documento resalta que la suplementación es una práctica que tiene un lugar en el manejo de los hatos lecheros. El mismo pequeño productor lo practica aunque se hace evidente que es necesario tomar en cuenta una serie de factores que afectan la producción de leche y que modulan la efectividad de la suplementación.

Otro aspecto que se debe subrayar es que existe información insuficiente sobre el tema bajo condiciones tropicales. Es necesario generar información propia del área que permita aplicar análisis económicos para así derivar recomendaciones específicas de suplementación. Por otro lado, aún cuando es posible extrapolar alguna información de zonas templadas, la evaluación de la misma, y su aplicabilidad, debe hacerse en cada lugar a la luz de sus propios índices económicos, disponibilidad de recursos, características de la ganadería y contexto social.

La suplementación es una práctica que, con las debidas justificaciones bio-socio-económicas, debe redundar en un incremento de la producción lechera para beneficio de la población humana falto de suficientes alimentos de alta calidad como es la leche.

**SUPLEMENTACION DE GANADO DE CARNE EN PASTOREO**

**Manuel E. Ruiz, Ph.D.**  
**Danilo Pezo, M. Sc.**

## **SUPLEMENTACION DE GANADO DE CARNE EN PASTOREO**

Manuel E. Ruiz, Ph.D.  
Danilo Pezo, M. Sc.

Podrían conceptualizarse dos situaciones en que se puede practicar la suplementación del ganado en pastoreo. Una de ellas es la suplementación en el período estacional en que hay un crecimiento muy activo del pasto. La otra es cuando la suplementación se hace en la estación en que la disponibilidad y calidad del pasto ha mermado considerablemente por efecto de la sequía.

### **Suplementación en época de abundancia de pasto**

En el caso de la suplementación en época de crecimiento del pastizal, su justificación radicaría exclusivamente en una intensificación de la tasa de producción de carne ya sea mediante un mejoramiento de la ganancia de peso por animal o posibilitando el aumento en la carga animal y así aumentando la producción diaria por unidad de área aun con cierto desmedro en la ganancia individual.

La Figura 1 es un esquema muy aproximado de las relaciones que se pueden esperar de la suplementación en estación de crecimiento del pasto. Está basado en experimentos en Turrialba, Costa Rica en pasto Guinea (Panicum maximum). En el esquema se aprecia lo siguiente:

#### Un efecto aditivo del suplemento (a base de melaza/urea) sobre el consumo de pasto

Es decir, a muy bajos niveles de suplementación, el consumo de pasto no varía (o su variación es insignificante) indicando que los consumos de ambos alimentos se añaden uno a otro y que el suplemento a esos bajos niveles no interfiere con la degradación ruminal del pasto.

#### Un efecto aditivo del suplemento sobre la producción

Es decir, al no afectarse el consumo de pasto, y al consumir un nivel dado de suplemento apropiado, lógicamente se espera una mejor nutrición del animal y, consecuentemente, una mejor producción. En el caso del esquema de la Figura 1, esta aditividad significa un mejoramiento de 33% en la tasa de ganancia de peso del animal.

#### Un efecto sustitutivo del suplemento sobre el consumo de pasto, sin alteración de la ganancia individual

Es decir que, a partir de cierto nivel de suplementación se debe esperar una reducción en el consumo de pasto. Esto es debido a dos razones: una es una reducción en la tasa de digestión del forraje en el rumen, reduciendo

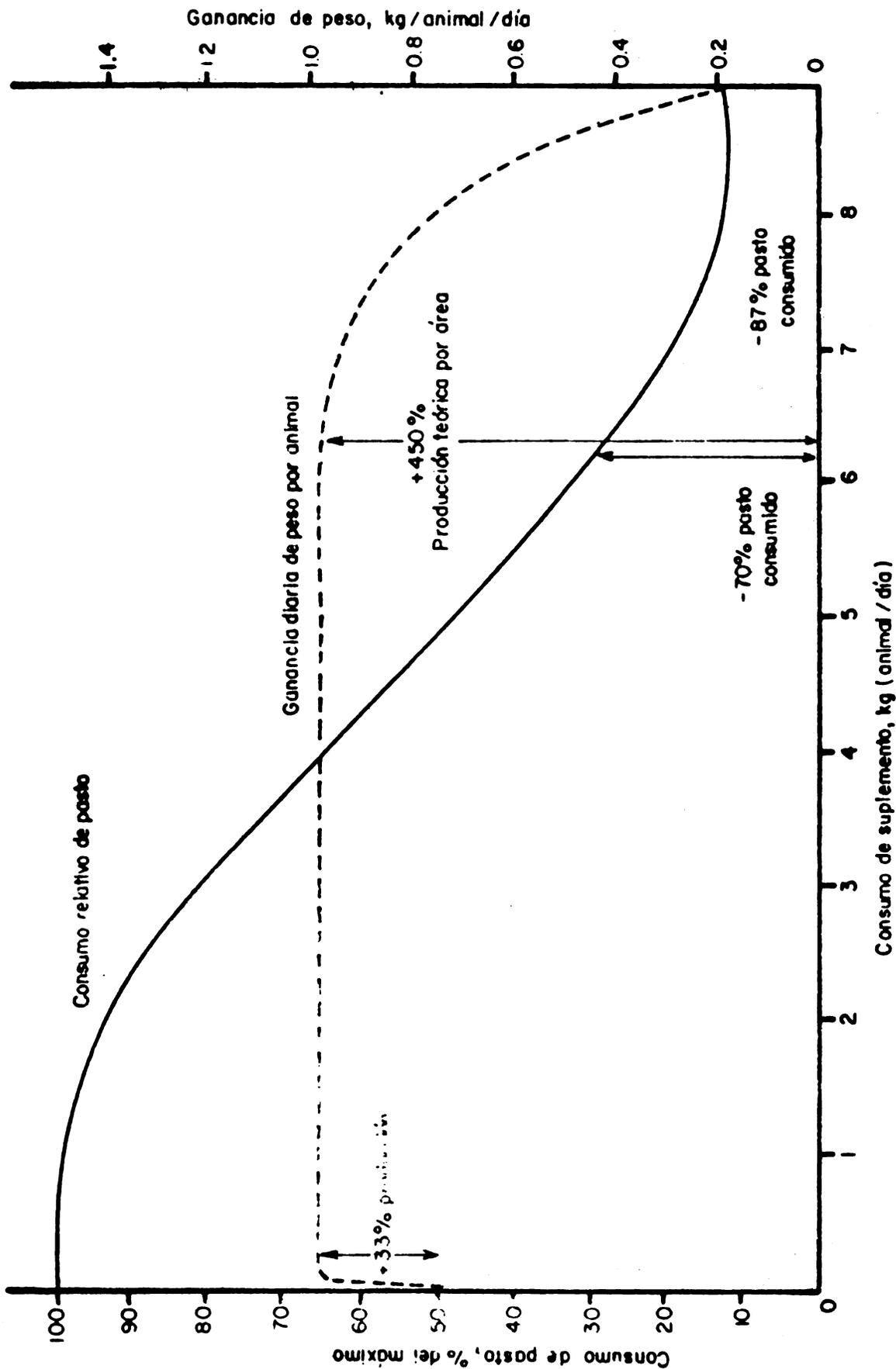


Fig. 1 Relación general entre el consumo de suplemento, consumo de pasto y ganancia de peso de torres en pastoreo

así su desaparición o desalojo del rumen y redundando en una disminución en el consumo; la otra razón es un simple reemplazo físico de un alimento por otro.

Esta situación, desde el punto de vista práctico, probablemente no será deseable en ningún caso pues se supone que cualquier suplemento será más caro que el costo del pasto, aún cuando la relación de sustitución sea de 2 partes de pasto por una parte de suplemento, ambas en base seca.

Si la sustitución del pasto por un suplemento no acarrea cambios importantes en el aporte neto de nutrientes al animal, el incremento diario de peso de éste no debe verse afectado. Es así que la curva para ganancia de peso muestra una sección horizontal en la Figura 1.

Sin embargo, dado que el consumo de pasto ha disminuido, la pradera será capaz ahora de soportar mayor número de animales. En efecto, la productividad por unidad de área, y unidad de campo, aumentará.

Un efecto sustitutivo del suplemento sobre el consumo de pasto, con alteración de la ganancia de peso individual.

Es decir, la sustitución del pasto por suplemento puede llegar a tal extremo que el aporte neto de nutrientes al animal presenta desbalances. Por ejemplo, si el suplemento es básicamente energético, el pasto consumido ha decrecido tanto, que su aporte proteico no satisface las demandas del animal.

Al ocurrir un desbalance nutricional, el comportamiento del animal debe sufrir. Es así que se puede esperar un empobrecimiento de la tasa de ganancia de peso.

Ahora bien, en esta fase de sustitución, también está aumentando la capacidad de carga de la pradera de tal manera que si el empobrecimiento en la ganancia de peso es ligero, todavía se podría esperar un aumento en la tasa de producción por unidad de área. Por otro lado, si la ganancia de peso individual decrece significativamente, se va a alcanzar un punto después del cual la productividad por unidad de área disminuirá rápidamente con incrementos en el nivel de suplemento.

Indudablemente, la combinación óptima de los factores y aspectos comprendidos en esta discusión estará determinada por el óptimo de rendimiento económico.

Para ilustrar los conceptos señalados en la Figura 1, se presentan a continuación dos gráficas más (Figuras 2a y 2b), resultantes de experimentos (Vohnout et al., 1974) sobre suplementación con melaza/urea a novillos pastoreando en praderas de Guinea (Panicum maximum). Las gráficas incluyen un factor que se ha hecho mención al discutir la Figura 1: variación en la carga animal.

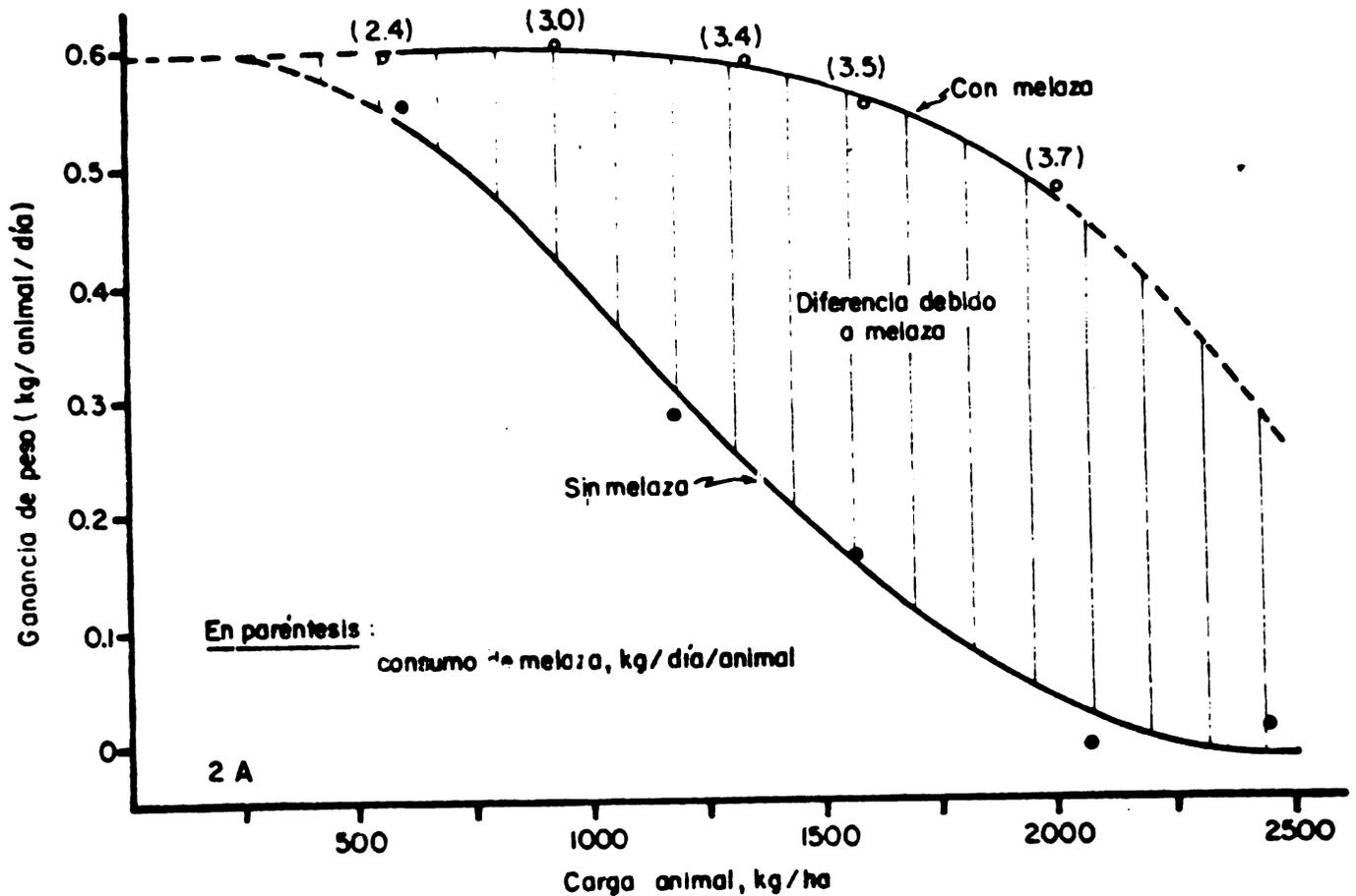
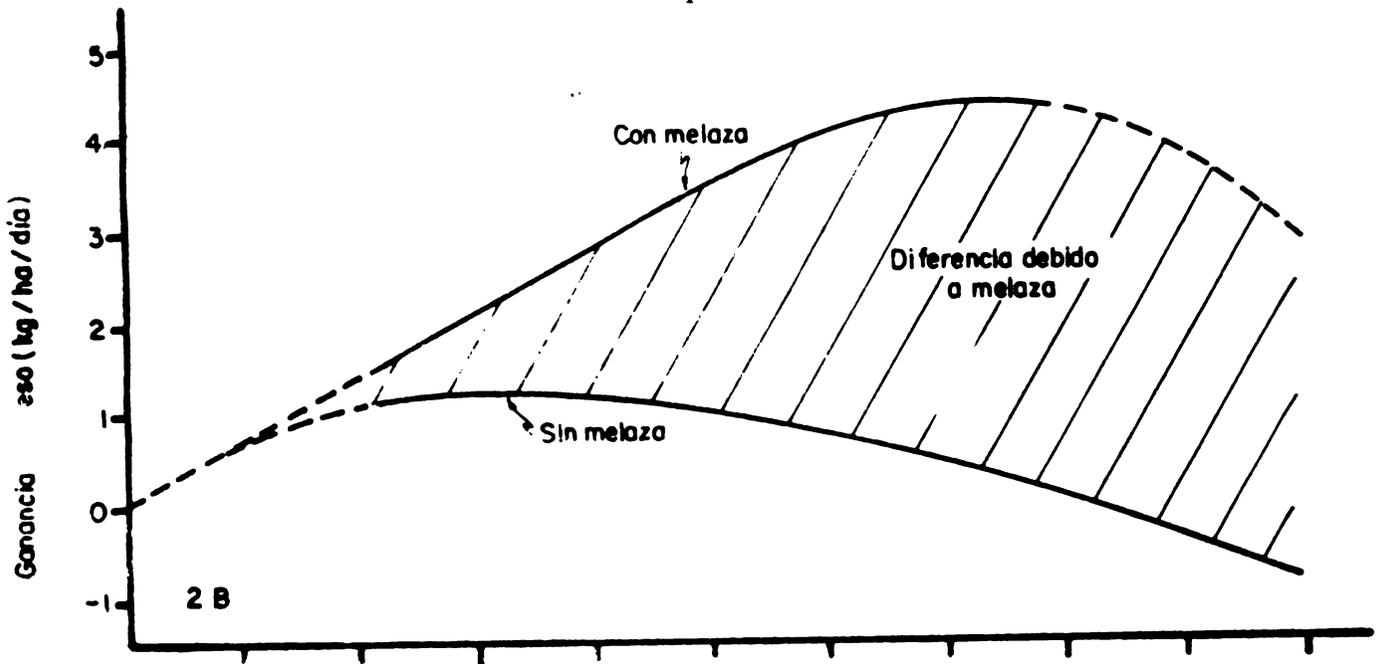


Figura 2. Producción de carne en praderas de Guinea (*Panicum maximum*) y con suplementación con melaza (Vohnout et al., 1974).

Esta variación no se expresa, como suele hacerse, en términos de número de cabezas por hectárea sino más bien en términos de kilogramos de animal por hectárea el cual es un término que permite al lector convertir a animales, de un peso determinado por él, por hectárea.

La Figura 2a ilustra que la ganancia de peso de los animales, cuando hay amplia disponibilidad de forraje (es decir, a baja carga), es de 0.6 kg/animal/día. Con cargas de hasta 250 kg/hectárea, el efecto de la suplementación es nulo. Pero, a medida que aumenta la carga animal, disminuye la disponibilidad de forraje por animal y se producen disminuciones en el aumento de peso si es que no se emplean suplementos.

Según la Figura 2a, las disminuciones llegan a producir un estado de mantenimiento de peso de los animales a cargas de hasta 2500 kg/ha.

En las condiciones entre 250 y 2500 kg/ha, la suplementación con melaza permite dos efectos: uno es el mejoramiento de la ganancia individual y, dos, que el punto de carga animal después del cual ocurren decaimientos en el aumento de peso se desplaza hacia una carga superior (1250 kg/ha, en la Figura 2a). El mejoramiento de la ganancia de peso, por causa del suplemento, se hace más marcado a medida que aumenta la carga, hasta que ésta llegue a un punto muy alto (1875 kg/ha) después del cual las diferencias entre las curvas de ganancia de peso con y sin suplementación se van atenuando. Con una carga de 1875 kg/ha, la ganancia de peso es siete veces superior en animales suplementados que en animales no suplementados (510 vs. 75 g/animal/día).

La Figura 2b se presenta con el propósito de llamar la atención que la ganancia individual de los animales no debe ser el único criterio (y quizás sea el menos deseable) a usar cuando se trata de algún sistema de pastoreo que involucra una posible modificación de la carga animal y el nivel de suplementación. La Figura 2b presenta los mismos datos de la Figura 2a pero el criterio de evaluación ahora es ganancia de peso por hectárea en vez de ganancia de peso por animal. En tal gráfica, se puede notar que cuando no se usa melaza la máxima producción por hectárea (1.3 kg/día) se obtiene a una carga de 750 kg/ha. Nótese que con esta carga, la ganancia individual no es la máxima sino de sólo 0.43 kg/animal/día (Figura 2a). En otras palabras, si lo que se pretende es maximizar la productividad por unidad de área y tiempo, el productor tendrá que sacrificar en cierto grado la ganancia individual diaria.

La Figura 2b también muestra que la suplementación aumenta la producción por unidad de área, haciéndose este efecto más notorio a altas cargas. La máxima producción (4.4 kg/ha/día) se obtiene a una carga de 2000 kg/ha, nuevamente resaltándose el hecho que la ganancia individual no es de 0.6 kg/día (el máximo posible) sino de 0.49 kg/día.

La información contenida en las Figuras 2a y 2b deben transformarse a un carácter económico el cual permitirá detectar la carga óptima y el nivel de suplementación más eficiente a usar.

Por último, nótese que los consumos de melaza, cuando el animal está ganando peso, no es muy alto en condiciones de pastoreo. Si la disponibilidad de pasto es moderadamente limitada, la melaza con urea puede darse a libre consumo; el animal no consumirá excesos; probablemente se limitará a 1.2-1.7 kg/100 kg peso vivo/día.

Si el pasto es muy limitante, entonces será necesario limitar el consumo de melaza para evitar excesos y, más importante aun, asegurarse que la melaza contenga no sólo un suplemento proteico sino también otros suplementos como minerales y vitaminas.

### **Suplementación en época de escasez de pastos**

La escasez de pastos, en la época de sequía, es en cierto modo, comparable a la situación de altas cargas en praderas verdes tal como se expuso en el caso anterior. La comparación radica en que, en ambos casos, la disponibilidad de forraje por animal es muy baja; sin embargo, existe una diferencia cualitativa: con altas cargas, en época de lluvias, el poco forraje disponible es más digerible y con mejor aporte energético y proteico que el forraje de época seca. En el trópico húmedo/seco los principales problemas nutricionales en el pasto disponible son la pobreza proteica (Blue y Tergas, 1969) y la baja digestibilidad, lo que redundo en bajos niveles de consumo, magnificando este último el problema de escasez.

En atención a lo anterior, no sorprende que los suplementos energéticos, como la melaza, reduzcan el consumo de forraje (Bisschoff et al., 1967; Mott et al., 1967). Al incluir urea u otra fuente de NNP en el suplemento energético, el consumo de forraje se mejora especialmente cuando el forraje es de baja calidad (Carnevali et al., 1970, 1971). Un ejemplo claro de esta situación se aprecia en el Cuadro 1).

La suplementación en la estación seca no causa un aumento en la habilidad del novillo para realizar ganancias de peso en el período lluvioso, aun cuando éste continúe suplementado, en relación al desempeño de animales que nunca reciben suplemento (Cuadro 2).

**Cuadro 1. Ganancia de peso de ganado Criollo x Brahman en pastoreo con y sin suplemento (Carnevali et al., 1970; 1971)**

	Ganancia de peso, g/animal/día		
	Forraje Solamente	Con 4 kg de melaza	Con 4 kg de melaza y 150 g urea
Forraje de estación lluviosa	585	588	592
Forraje de estación seca	-18	9	132

**Cuadro 2. Efecto de la suplementación sobre la ganancia de peso de novillos cebuínos pastoreando pasto Guinea (Panicum maximum) (Mott et al., 1967).**

	Cambios de peso en el período, kg/animal		
	Estación seca (112 días)	Estación lluviosa (196 días)	Total (308 días)
Sin suplemento (testigo)	-7.5	+132.3	+124.8
Melaza, 1.3 kg/animal	+34.2	+141.9	+161.1
Melaza, 1.3 kg + urea, 81 g	+38.0	+138.2	+161.2
Mazorca de maíz, 0.94 kg + urea, 69 g	+42.0	+126.1	+153.1

// El Cuadro 2 indica que los novillos suplementados ganan sustancialmente más peso en la época seca que el grupo testigo (este grupo en realidad llega a perder peso). Sin embargo, gran parte de la ventaja del suplemento desaparece en el período húmedo, si los animales continúan suplementándose. Es decir, la suplementación en la época seca es muy impactante pero en la época de lluvias no lo es tanto y las ganancias de peso en ésta época no son muy diferentes a las de los animales testigos. Esto implica que no debe suplementarse en el período de lluvias.

La última frase en el párrafo anterior requiere de una explicación adicional pues, en cierto grado, crea un conflicto con lo presentado en la sección

anterior ("Suplementación en época de abundancia de pasto"). Las condiciones en que se hizo el trabajo de Mott et al. (1967) fueron de amplia disponibilidad de forraje, inclusive en la época seca. Como se había visto antes, bajo estas condiciones, en época de lluvias, el suplemento no tiene efectos importantes. Igualmente, las condiciones experimentales usadas por Mott et al. (1967) explican la falta de efectos de la urea. Los animales tuvieron amplia oportunidad de selección de partes del pasto que son ricas en proteínas.

Como todo ganadero sabe, la productividad de una ganadería de carne no sólo está dada por la tasa de ganancia de peso de sus animales sino también por la tasa de reproducción. La suplementación durante la época crítica de escasez forrajera causa un mejoramiento notable en el porcentaje de partos, según se aprecia en el Cuadro 3.

Indudablemente, del Cuadro 3 pueden deducirse otras medidas que ayudarán a colocar en mejor perspectiva la bondad del suplemento. Por ejemplo, ignorando los cambios en peso de las vacas, aquellas suplementadas destetaron 50% más kilos de ternero que las no suplementadas. Es casi innecesario hacer un análisis económico, en este caso, para concluir que la suplementación debe usarse en las condiciones utilizadas por Bembridge (1963).

**Cuadro 3. Efecto de la suplementación proteica en vacas Sussex en pastoreo durante tres épocas de escasez de pastos (Bembridge, 1963).**

	Testigo	Torta de algodón <sup>a/</sup>
Pérdida de peso en época de carestía, kg	70.0	30.4
Aumento de peso en época de abundancia de pastos, kg	86.8	51.8
Porcentaje de partos		
-Promedio de 3 años	63.3	76.3
-Promedio últimos 2 años	57.0	74.5
Peso ternero al destete, kg	153.4	176.6
Mortalidad anual, %	9.6	0.6

<sup>a/</sup>La torta de algodón suministrada a un nivel de 0.45-0.91, kg/día durante la época de escasez de pastos solamente.

PRINCIPIOS DEL MEJORAMIENTO GENETICO APLICADOS A  
LA PRODUCCION DE LECHE EN EL TROPICO

Carlos U. León Velarde

PRINCIPIOS DEL MEJORAMIENTO GENETICO APLICADOS A  
LA PRODUCCION DE LECHE EN EL TROPICO

Carlos U. León Velarde<sup>1/</sup>

INTRODUCCION

Un sistema de producción animal está constituido por un componente animal y un componente pasto, situados ambos en un medio, donde el hombre puede controlar en gran parte lo relativo al animal y al pasto; sin embargo, el medio es determinante como factor coadyuvante en la producción y por ende, en la rentabilidad de una empresa.

De esta manera, si consideramos el ingreso, en forma amplia, como el producto de la superficie (ha) por la carga animal (cab/ha) por producción por animal (kg de leche/cabeza) y por el precio de la leche (\$/kg de leche), tenemos que el ingreso de un sistema de producción animal no es posible incrementarlo por un aumento de la superficie de la tierra ni por el precio de la leche; Sin embargo, los dos parámetros: carga animal y producción por animal en conjunto representan la producción por unidad de área (Kg de leche/ha), ambos son la representividad de los componentes pasto y animal del sistema, y pueden ser aumentados en la medida que se tengan más animales de acuerdo a la disponibilidad del forraje, el cual tiene un límite y de ese punto, la posibilidad de aumentar la producción por unidad de área está en la eliminación y reemplazo de los animales improductivos y esto es posible usando registros de producción, los cuales facilitan la selección de las mejores vacas en el hato.

Con esto se quiere indicar que la elaboración de un programa para el mejoramiento productivo deberá ser de tipo integral, tratando de solucionar simultáneamente los problemas que inciden en contra de la capacidad productiva de la explotación, es decir, considerando los conocimientos técnicos de la nutrición y sanidad animal.

---

<sup>1/</sup> Ingeniero Zootecnista, M.Sc. Especialista en Producción Animal. Coordinador de Capacitación. CATIE, Turrialba, Costa Rica.

## 1. PRINCIPIOS GENETICOS

El principal método utilizado por el hombre para conseguir el mejoramiento de los animales domésticos ha sido la selección, lograda por el apareamiento de los mejores ejemplares. Desde que Gregorio Mendel en 1857 anunció sus principios, transcurrieron 30 años para que sean conocidos y utilizados.

Anteriormente a Mendel estuvo Bakewell, quien trabajó en mejorar sus animales utilizando los que daban más leche en el cubo, y carne en el dorso. Hoy en día se hace lo mismo; sin embargo, en 100 años transcurridos se ha realizado un progreso notable en la producción animal, obteniéndose animales más productivos.

No es intención el tratar todo el campo de la genética y mejoramiento animal, por lo que haremos una síntesis de hechos conocidos en relación a genética y su aplicación en la práctica.

Todo ser viviente es producto de la unión de dos células germinativas, el espermatozoide de los machos y el óvulo de las hembras; éstos contienen el material genético transmisible reducido a la mitad; es decir, en cada célula del cuerpo se tiene un número determinado de cromosomas; por ejemplo, en bovinos hay 30 pares de cromosomas, o sea, 60 cromosomas, los que se reducen a la mitad, o sea, 30 cromosomas que van en el espermatozoide y 30 en el óvulo y que unidos darán 60 y con los que se iniciará el crecimiento del nuevo ser. En cada cromosoma están los GENES que son la unidad de la herencia y existe uno o más para cada característica del ser; color del pelo, tamaño, cuernos, etc., que unida a su par correspondiente, expresarán juntos la característica dada; esta unión de pares de genes se conoce como apareamiento génico.

La reducción genética, para formar, las células germinativas, se realizan en los testículos y en el ovario. Supongamos que existen 6 cromosomas, luego las posibilidades de combinarlos de tres en tres al reducirse 6 a 3, es de 4 formas diferentes; ahora si en el bovino existen 60 cromosomas, las combinaciones para formar una célula germinal son del orden de miles de centenas; esta es la razón que existan animales que son similares pero no iguales. Indudablemente existen formas iguales para toda especie, debido al cruce entre animales de iguales características, como puros, caso del

Polstein, Pardo Suizo; esto es posible debido a que los genes que gobiernan estas características son fijos, es decir, siempre estarán presentes, salvo una mutación o cruce con otro animal de otro color.

Sin embargo, hay otras características que predominan u oscurecen la presencia de su contrario, por ejemplo, la presencia y la no presencia de cuernos ó mocho; el que predomina de los dos es llamado dominante y el otro recesivo. Cuando los pares son iguales se tienen animales homocígotas y lo contrario serán heterocígotas; algunas características están gobernadas por más de dos pares de genes, dentro de éstos se tienen las características de producción. Imaginemos que tenemos un toro que genéticamente es DD EE Ff y una vaca Dd Ee Ff, las células germinales en el toro serán básicamente de dos tipos y la de la vaca será de 8 tipos diferentes, como la combinación de ellos es al azar, la cría resultante puede ser DDF EFF, que sería superior al padre y madre, ya que genéticamente para las características serán animales homocígotas, también podrá ser igual a la madre Dd Ed Ff. Esta sería una explicación simple del por qué se tiende a preferir un toro superior a las vacas en un hato.

En cada célula existe un par de cromosomas denominadas "sexuales"; en el macho este par se representa como XY y en la hembra como XX; luego las células germinales serán X e Y en el macho y en la hembra todos serán X. La combinación de ellas nos da la posibilidad que sea hembra ó macho, es decir, 50% para uno u otro. Esta es la razón que en un hato nacen la mitad machos y la mitad hembra, valor que toma en cuenta el cálculo de la evolución dinámica de un hato.

Existen características, caso del color del pelo en el ganado Shorthorn, que no poseen dominancia, es decir, del cruce de un toro rojo homocígota, con una vaca blanca homocígota, el ternero o ternera será rosilla (mezcla de rojo con blanco) y si estos terneros son cruzados, las crías resultantes podrán ser rojas, rosillas o blancas; este ejemplo nos indica una variabilidad en colores desde blanco hasta el rojo, pero con caracteres cualitativos, es decir, uno ó lo otro, sin continuidad; en el caso de las características de producción, el hecho es cuantitativo, por ejemplo, hay vacas de 5 lt. de leche ó 5.1/2, 6, 7, 7.1/2, etc., que nos explica más la variabilidad y por consiguiente de dónde podemos escoger.

Para ilustrar la variabilidad de una característica, suponqamos que los genes que gobiernan la producción de leche son 3 pares: A=4, B=2, C=1, b=1, c=0 y se tiene una vaca que posee un potencial de 12 lt, distribuidos en: AABbCc y un toro de 13 lt (AABBcc) como potencial productor de leche, la cría, producto del apareamiento de ellos, podrá ser de 11, (AABbcc) 12 (AABbCc o AABbcc), 13 (AABBCc o AABbcc) ó 14 (AABBcc) lt; este ejemplo nos da una figura que muestra la variabilidad, y en la medida que usemos los animales de mayor producción se tenderá a mejorar un hato.

En una vaca lo que vemos es apariencia, no el tipo, ya que este es la comparación visual con un supuesto "ideal" de raza, varios puntos hay que aclarar para evitar estas confusiones. Primero el ideal de la raza fue establecido por un grupo de criadores cuyo conocimiento de la ciencia de la genética era un tanto limitada, segundo, los criterios de pureza son establecidos alrededor de genes sin importancia como el pigmento de la nariz o la borla de la cola y, tercero; las evaluaciones realizadas dependen no solo del juez, sino también de la preparación y estado del animal en el día de la calificación.

El establecer un programa genético a largo plazo en apreciaciones visuales es muy peligroso y poco científico, sin embargo, va en contra de los intereses de los criadores de "raza", de los jueces y otros explotadores de la falta de conocimientos técnicos de las demás ganaderos.

El fenotipo del animal es la suma de lo genético y lo ambiental, de tal forma que para expresar en porcentaje lo genético se dividirá el valor correspondiente a la fracción genética sobre el total; esta expresión es conocida como heredabilidad y representa la fracción de una característica que será transmitida de padres a hijos. En base a las características de mayor heredabilidad se deberá hacer la selección de animales.

Para tener una efectiva selección y mejoramiento es necesario conocer la variabilidad del hato. Si ordenamos las vacas de menor (8 lt) a mayor producción (16 lt) obtenemos el promedio, 12 lt por ejemplo, y consideramos una eliminación de las vacas de 10 y 8 litros, las que representan un 15% del hato, (en algunas fincas se elimina el 30%), se tendrá un nuevo promedio, 14 litros en el ejemplo; estas vacas deberán ser apareadas con un toro con un potencial genético superior a ellas.

La diferencia entre los dos promedios, vacas seleccionadas y el hato inicial constituye el diferencial de selección, en nuestro ejemplo es 2 lt. El progreso genético, o sea la fracción de esa diferencia que será transmitida de padres a hijos está influenciada por la heredabilidad, si la  $h^2$  de la producción de leche es de 25% el progreso genético será de 0.5 litros y el promedio de la próxima generación será la suma del promedio inicial más el progreso genético. Es de observar que si la heredabilidad de un carácter es baja, el progreso genético será menor; a heredabilidades altas y con una mayor presión de selección, es decir eliminar más vacas y tener un diferencial grande, el progreso genético será mayor; este caso es algo difícil en hatos pequeños.

Al seleccionar las vacas de un hato debe considerarse su capacidad productiva en relación a la repetibilidad y heredabilidad de la característica con que se basan la selección. Para producción de leche un índice que facilita la selección es:

$$\text{Valor genético estimado} = \text{Promedio del hato} + \frac{nh^2}{1+(n-1)r} (\text{Promed.vaca}-\text{Promed.hato})$$

Muchas características de producción están asociadas, es decir, correlacionadas, algo similar a decir juntas, en forma tal que al aumentar una la otra aumenta o disminuye. Si ambas aumentan o disminuyen la correlación es positiva; si una aumenta y la otra disminuye la correlación es negativa; y si ambas muestran una situación indiferente la correlación será nula ó mínima. Si en un establo se trata de seleccionar animales por varias características, el progreso genético será menor que si se pusiere énfasis en una sola característica; además, si éstas no están correlacionadas el efecto de la selección será menor.

En el Cuadro 1. se observan la correlaciones genéticas de la producción de leche; estos valores nos indican que si nosotros seleccionamos por producción de leche, las otras características también cambiarán, a excepción del porcentaje de grasa, el cual disminuirá. Por el contrario, si seleccionamos por porcentaje de grasa, a excepción de la producción de grasa y producción de proteína, las demás características disminuirán.

El conocer estas relaciones nos ayudará a definir más claramente por la característica que se seleccionarán los animales en el hato.

CUADRO 1. Correlaciones genéticas entre producción de leche y otras características de la leche.

Característica	Nº 2	3	4	5	6	7
1. Producción de leche	.24	1.0	.90	.99	.90	-.52
2. Producción de grasa	-	0.32	.67	.17	.45	.63
3. Prod.sólidos no grasos	-	-	.92	.94	.95	-.41
4. Prod.sólidos totales	-	-	-	.29	.93	-.06
5. Producción lactosa	-	-	-	-	.78	-.39
6. Producción proteína	-	-	-	-	-	.38
7. % de grasa	-	-	-	-	-	-

El apareamiento de dos animales al azar origina variabilidad y es realizado sin tener en cuenta el grado de relación entre los animales a aparear. Existen tres clases de apareamiento, basados en el grado de relación entre los animales, es decir, que cercano están ellos entre sí dentro de la raza en que se aparean. El INBREEOING es el apareamiento entre parientes cercanos generando consanguinidad, por ejemplo, el cruce de padre con hija, hijo con madre ó entre primos; una consanguinidad del 10% afecta en 3.2% la producción de leche.

El LINEBREEDING es un apareamiento no tan severo como el anterior y se realiza con el objeto de tener una familia; este cruce aparentemente presenta una uniformidad, sin embargo, son menos uniformes genéticamente.

El OUTBREEDING, implica un cruce entre animales no emparentados entre sí, caso entre dos familias ó entre dos razas; ésta última se usa para generar en mayor grado la heterosis o vigor híbrido.

La heterosis o vigor híbrido es la superioridad de la progenie comparado con el promedio de los padres.

La heterosis es el reverso de lo que es la consanguinidad, es decir, tiende a la heterocigocidad. Con ella se obtiene, sobre todo en el cruce de la raza Bos indicus con Bos taurus animales con mejor crecimiento, vigor, fertilidad, producción de leche.

En el trópico se tiene vientres cebuinos (Bos indicus) que deben ser aprovechados en los planes de apareamiento.

La forma de escoger los padres de la próxima generación es la decisión genética más importante que debe tomar el ganadero, quien deberá tener información para hacer esta decisión, cosa que en muchos casos no es posible debido a que no se llevan registros de producción.

La selección individual está basada en el fenotipo del animal dentro de un grupo del que no se conoce sus relaciones entre ellos. Una efectiva selección individual podrá ser hecha si existen datos de una prueba de progenie.

La selección por pedigree implica conocer los antecedentes con sus datos de lactación, producción de carne, etc. y debe ser realizado antes de hacer un apareamiento al azar; el peligro de la selección por pedigree es que se da énfasis a un antecesor que dista mucho de lo que es el animal que se va a utilizar; además, en la mayoría de los casos los datos de los antecesores no existen o están cambiados.

La selección por familia implica que todos los miembros de una familia son evaluados y se eliminan los que están por debajo del promedio familiar.

En la selección por hermanos; su uso es más común en la producción de carne de cerdo; se base en que un mismo reproductor sobre una marrana produce 3 ó 4 cerditos y la eliminación de uno de ellos en una prueba no afecta la pérdida genética, pero sí da información sobre lo que el animal es y pueden ser sus hijos.

La prueba de progenie es al que se le debe dar más importancia ya que refleja lo que un reproductor macho puede hacer sobre un rebaño, ya sea carne o leche; el inconveniente es que debe pasar 5 años en el ganado de leche para saber cuan efectivo será un toro sobre el rebaño. El error en seleccionar una vaca en el hato no afectará tan significativamente que si cometemos un error al seleccionar el macho.

Cuando se está tomando la desición de seleccionar los animales para aparearlos se está considerando la forma en que se irán mejorando las características deseables; una de las formas es en TANDEM, o mejorar dos o más características juntas, el inconveniente que presenta es el grado de correlación de ellas, si éste es negativo, muy poco se mejorará.

Los niveles independientes implica el mejorar una característica hasta un límite y luego mejorar la siguiente; el problema que se presenta es el énfasis de selección en cada característica y el grado de asociación de ellas.

El índice de herencia constituye la forma de seleccionar más efectiva, debido a que considera el valor económico de las características que uno desea mejorar; para establecer un índice de herencia es necesario conocer las variaciones genotípicas y fenotípicas y la importancia económica de ellas.

Los cruzamientos constituyen el apareamiento de dos razas y son utilizados para cambiar una población a otra ó para explotar la heterosis.

El cruzamiento más conocido y utilizado es el cruce ABSORBENTE; muchas ganaderías han formado su hato mediante este sistema. Consiste fundamentalmente en usar durante cada generación un toro diferente pero de la misma raza sobre un grupo de vacas cuya raza se desea cambiar hacia la del toro.

Este sistema de cruzamiento produce un animal  $F_1$  superior a los padres y es necesario acompañarla de selección en cada generación, así como de un nivel nutricional y manejo que debe ser mejorado a medida que se realiza la absorción.

En el cruce rotacional con dos o más razas se tiende a utilizar el efecto de heterosis; el efecto será mayor al utilizar tres razas, sin embargo, el mayor problema es el manejo de las tres razas, divisiones de potreros y disponibilidad de las razas a utilizar; consiste en utilizar dos especies diferentes, generalmente Bos taurus y Bos indicus usados en forma alterna durante cada generación; las vacas iniciales corresponderán al ganado típico de la zona, en áreas tropicales es el ganado cebuino y criollo; en algunos casos se utiliza toros criollos, de tal forma, que recién a partir de la primera generación en que se tenga un hato criollo más homogéneo se comenzará el cruce rotacional de dos razas.

En el mejoramiento del ganado de leche es básico y necesario el contar con una balanza, para controlar la producción y un registro en el que debe anotarse la producción individual de cada vaca. El control de producción puede realizarse diario, semanal, quincenal o mensual. Dada la cantidad de datos que se tiene que computar es preferible pesar la producción en forma mensual y traspasarla a un registro individual. Las lactancias completas y corregidas, ocurridas dentro del año, se deben analizar para considerar las vacas a permanecer en el hato; el toro a considerar debe estar en función del promedio del hato, es decir, debe ser superior a las vacas del hato.

Para lograr tener una mejor información de lo que un toro está haciendo en el hato, se deberá tener los registros de cada animal, de tal manera que se podrá analizar la progenie de un toro en particular. Existen varias pruebas, cuya metodología será descrita en forma resumida:

**A. Diferencias hijas-madre**

Ejemplo: Toro "X"

16 hijas con	16 records =	3.500 kg leche	140 kg grasas
16 madres con	40 records =	3.200 kg leche	128 kg grasas
	Diferencia =	+300	+12

**B. Índice de igualdad de padres.** En base a la diferencia de madres e hijas y en el hecho de una unidad de los genes vienen de cada padre se puede construir un índice o cifra que representa el nivel genético del toro:

$$(P+M)/2 = H \quad \therefore \quad P = 2H-M$$

$$\text{Índice toro} = 2(\bar{x} \text{ hijas}) - \bar{x} \text{ madres}$$

En nuestro ejemplo:

$$\text{Índice toro "X"} = 2(3.500) - (3.200)$$

$$\text{IT "X"} = 3.800$$

- C. Índice de regresión. Es la mitad entre el índice de igualdad de padres y el promedio de la raza. Este método reduce el rango entre padres pero no cambia la clasificación de los padres.
- Todas las pruebas en base hija-madre no son muy confiables porque: a) los madres usualmente tienen más lactancias, b) las lactancias de las madres son frecuentemente una muestra escogida, c) existen mejores condiciones para las hijas, d) se pierden datos debido a que generalmente hay registros en las hijas y no en las madres.
- D. Promedio simple de las hijas. Es un buen método para comparar padres, si estas han sido cruzadas con vacas similares y distribuidas en la misma clase de hatos; se requieren bastantes hijas dentro de cada toro. No funciona si algún toro se cruza con las mejores vacas, o si unos se distribuyen en hatos de baja producción.
- E. Diferencia predicha (USDA). Expresan el valor que tendrán las hijas por encima del promedio del hato. Su cálculo es complicado y requiere de registros de hijas, madres compañeras de rebaño, valores que se consideran en el cálculo. Su uso debe ir acompañado de la repetibilidad (R).

## 2. APLICACION Y RESULTADOS DE LA GENETICA EN EL TROPICO

La formación del hato lechero es uno de los pasos que debe considerarse en la producción de leche, para lo cual es importante conocer el tipo de ganado predominante en la zona, con mejor adaptación a través de los años. La existencia de registros de producción en establos vecinos, permite una decisión más rápida y puede originar un programa definitivo de cría de ganado; sin embargo, en el trópico es muy difícil obtener registros confiables, por la poca importancia que le dan las explotaciones.

Las razas de ganado lechero tales como Holstein, Brown Swis, Jersey, Ayrshire y Guernsey han sido originados en determinados lugares a partir del animal típico criollo predominante en ese medio a través de la cría selectiva y es lo que ahora se conoce como raza pura, en las zonas templadas de Europa, Norte y Sur América se han mejorado en base a su productividad; sin embargo, en el trópico su comportamiento es relativo aunque existen zonas tropicales en que algunos ganaderos a un costo elevado los han introducido y "adaptado".

El trópico de América es un lugar relativamente nuevo, en el cual no había ganado vacuno, siendo este introducido a fines del siglo XV; esta introducción de animales no fue con el hecho de formar una raza determinada sino como un animal el cual debía cumplir un rol específico (carne, leche, trabajo) para lo cual necesitaba perpetuarse; algunos de ellos, como el ganado Andaluz de la Península Ibérica y la Durham de Inglaterra se reprodujeron y mediante una selección natural se tiene lo que se denomina criollo, paralelamente, en otras áreas de América se introdujeron las razas lecheras europeas que fueron mejoradas y posteriormente llevadas al trópico; de sus cruces con el criollo y con el cebuino (*Bos indicus*) se tienen los animales mestizos (1/2, 3/4, 7/8 etc.). Con este tipo de animales se tiene una producción de leche que actualmente se produce en cada región para una población humana creciente.

Si analizamos el desarrollo ganadero en el trópico no encontramos una falta de potencial, sino sencillamente que no se ha aportado, en la escala adecuada, los insumos necesarios para desarrollar una tecnología apropiada para esta zona, ya que la naturaleza de los alimentos, el tipo de bovino y los sistemas de explotación difieren de los que estamos acostumbrados a ver en los países de clima templado.

## 2.1 Distribución bioclimática de la producción de leche.

El ganado de leche en América Latina presenta índices reproductivos y productivos bajos; encontrándose producciones promedio de 1046 kg leche/lactancia, valor que representa el 30% de los rendimientos en zonas templadas, sin embargo, esta comparación no es válida, ya que dichos rendimientos expresan

no solo el material genético existente sino también las condiciones climáticas características de la región tropical.

La diversidad de zonas bioclimáticas presentes genera habitat para diferentes tipos raciales productoras de leche; para el caso de Centro América se podrían definir tres franjas: Pacífica, Atlántica y Central incluyendo ésta zonas altas e intermedias.

Zona Pacífica: constituida de sabanas arbóreas, se caracteriza por su baja precipitación; presenta un crecimiento estacional de los forrajes debido a una marcada época seca de 6 meses de duración y donde la producción de leche no representa una actividad importante.

Zona Atlántica: con florestas fluviales y humedad relativamente alta; con exuberante crecimiento del forraje durante todo el año, y donde se produce leche basada en animales mestizos y criollos de razas lecheras europeas.

Zona Central: con coníferas y latifoliadas, presenta precipitación intermedia, con altitudes superiores a los 1000 m., producción adecuada de forraje mejorado en su mayoría, y donde se ha ubicado la mayor cantidad de animales europeos para producción de leche. Es en esta zona donde existe una mejor tecnología, reflejándose esto en una mayor producción láctea por animal.

Con respecto a la parte sur de América se presenta una distribución climática más heterogénea que va desde cadenas montañosas hasta llanos áridos, pudiéndose clasificar en forma muy general, dos grandes zonas: zonas bajas y zonas montañosas.

La zona montañosa, representada por la cordillera de los Andes, caracterizada por diversidad de climas, abundancia de pastos nativos e introducidos que son pastoreados por cierta población de razas puras lecheras entre las que se destacan la Holstein y la Pardo Suizo, en tanto que las zonas bajas donde hay diversidad de climas desde una alta precipitación hasta zonas áridas; los llanos Orientales de Colombia, de Venezuela, la Región Beni de Bolivia, y otras, que se caracterizan por una producción baja, basada principalmente en animales criollos y mestizos con europeos.

En general, en América Latina, la producción de leche con animales puros europeos representa un porcentaje de la producción total a diferencia con la de los mestizos. A manera de ejemplo, en Centro América el ganado mestizo contribuye en un 66.7% de la producción de leche, las cuales representan el 78% de la población bovina total.

## 2.2 Características productivas de diferentes grupos raciales de ganado lechero en América Latina.

La composición racial de los animales productores de leche en Latinoamérica está dividida de una manera muy general en tres grandes grupos: a) animales criollos o nativos, b) animales puros de razas europeas y c) mestizos de los dos grupos anteriores con inclusión de sangre cebuina.

### A) Ganado criollos

Las producciones de este tipo de ganado son muy variadas como un reflejo de las diversas razas criollas existentes, encontrándose desde 1719 a 2187 kg leche/lactancia para el Criollo Limonero, en Venezuela, de 1420 a 2000 para el Criollo Centroamericano, hasta valores muy bajos como el presentado por el Blanco orejinegro de Colombia con 220 kg/lactancia de 102 días. Cuadro 2.

CUADRO 2. Producción de leche de ganado Criollo en América Latina

Raza	Producción,kg por lactancia	Días	País	Alimentación*	Cita
Criollo Limonero	1719	260	Venezuela	Pastoreo	( 5)
Criollo Limonero	1610	260	Venezuela	Pastoreo	(14)
Criollo Limonero	2187	261	Venezuela	Past.+Supl.	(34)
Criollo Limonero	1702	284	Venezuela	Pastoreo	(41)
Blanco orejinegro	220	102	Colombia	Pastoreo	(21)
Criollo	1420	-	Costa Rica	Past.+Supl.	(20)
Criollo	1794-2008	274-305	Costa Rica	Past.+Supl.	( 1)
Criollo	2200	-	Nicaragua	Past.+Conc.	(22)

B) Ganado puro lechero

Las razas existentes de ganado puro lechero en América Latina, en orden de importancia son: Holstein, Pardo Suizo, Jersey y Guernsey; aunque se cuenta con ejemplares de casi todas las razas europeas. A pesar de estar localizados en condiciones climáticas similares a los de su origen y alimentación adecuada estos animales en la mayoría de los casos no logran mostrar todo su potencial debido a factores de sanidad y manejo que limitan su producción. La raza Holstein en el trópico muestra producciones por lactancia desde 2122 hasta 5241 kg. Cuadro 3. La raza Pardo Suizo presenta producciones de 2556 kg/lactancia y la Jersey va desde 1865 hasta 2648; asimismo la raza Guernsey ha logrado producir en el trópico 2120 kg/lactancia.

CUADRO 3. Producción de leche de Ganado Lechero Puro en América Latina

Raza	Produccion,kg por lactancia	Paíz	Alimentación	Cita
Holstein	2248	Brazil	Past.+Conc.	(27)
Holstein	3685-4885	Colombia	Past.+Conc.	(37)
Holstein	1019	México	Past.+Conc.	(47)
Holstein	2751	Puerto Rica	Past.+Conc.	(12)
Holstein	2268-3175	Trinidad	Past.+Conc.	(19)
Holstein	5149	Venezuela	Past.+Conc.	( 4)
Holstein	5241	Venezuela	Past.+Conc.	( 4)
Holstein	3828-4206	Venezuela	Past.+Conc.	( 9)
Holstein	2708	Venezuela	Past.+Conc.	(42)
Holstein	4018-3766	Venezuela	Past.+Conc.	(42,43)
Holstein	3444	Cuba	Past.+Supl.	(32)
Holstein	2122	Perú	Corte+Conc.	(29)
Holstein	3605	Brasil	Past.+Supl.	( 2)
Holstein	3346	Bolivia	Past.+Supl.	(33)
Holstein	4916	Perú	Past.+Supl.	(30)
Pardo Suizo	2506	Brasil	Past.+Supl.	( 3)
Pardo Suizo	2816	Venezuela	Past.+Supl.	( 8)
Pardo Suizo	3423-3643	Venezuela	Past.+Conc.	(10)
Pardo Suizo	4256-2938	Venezuela	Past.+Conc.	(10)
Jersey	2283	Costa Rica	Past.+Conc.	( 1)
Jersey	2648	Costa Rica	Past.+Conc.	(36)
Jersey	1865	Costa Rica	Past.+Supl.	(20)
Jersey	2266	Costa Rica	Past.+Supl.	(30)
Jersey	2160	Costa Rica	Past.+Supl.	( 1)
Guernsey	2120	Costa Rica	Past.+Supl.	(28)

C) Ganado mestizo

Existe una gran cantidad de datos de cruzamientos de ganado puro con ganado nativo o criollo existentes a lo largo de Latinoamérica. Estos cruzamientos se han hecho en su mayoría de una manera independiente por los productores que han buscado tener un beneficio del vigor híbrido obteniendo animales F<sub>1</sub> que combinen la alta producción de las razas europeas y gran adaptación al medio de las razas criollas.

Las producciones de algunos de los híbridos como se muestra en el Cuadro 3, van, desde 1991 hasta 3300 kg/lactancia para diferentes cruces de la raza Pardo Suizo incluyendo el tipo Carora (PS x Criollo) en Venezuela; los cruces de la raza Holstein presentan valores superiores que van desde 2199 hasta 3643 kg/lactancia; los valores encontrados para los cruzamientos de la raza Jersey, principalmente con Criollo, van desde 2246 hasta 3194 kg en 305 días de lactancia. Cuadro 4.

CUADRO 4. Producción de leche de ganado híbrido lechero en América Latina.

Raza	Producción, kg por lactancia	Días	País	Alimentación	Cita
*Pardo Suizo-Criollo	2825-2093	318	Venezuela	Past.+Conc.	(13)
Pardo Suizo-Criollo	2605	305	Venezuela	Past.+Conc.	( 7)
Predominante P.S.	2976	318	Venezuela	Pastoreo	(13)
Intermedio P.S.	2860	318	Venezuela	Pastoreo	(13)
Predominante P.S.	1991	303	Venezuela	Pastoreo	(41)
Mestizo P.S.	3300	305	Venezuela	Past.+Conc.	(44)
Predominante Holstein	2199	314	Venezuela	Past.+Conc.	(41)
7/8 H 1/8 Nat.	3643	-	Venezuela	Pastoreo	(42)
3/4 H 1/4 Nat.	3560-2600	-	Venezuela	Pastoreo	(42)
1/2 H 1/2 Nat.	3087	-	Venezuela	Pastoreo	(42)
1/2 J 1/2 C	2557	305	Costa Rica	Past.+Supl.	(26)
1/2 J 1/2 C	2246	305	Costa Rica	Past.+Supl.	( 1)
1/2 Ay 1/4 J 1/4 C	2797	305	Costa Rica	Past.+Supl.	(26)
1/2 Ay 1/4 J 1/4 C	3194	305	Costa Rica	Past.+Supl.	( 1)
1/2 RD 1/4 J 1/4 C	2980	305	Costa Rica	Past.+Supl.	( 1)

\*Tipo Carora de Venezuela

P.S.: Pardo Suizo                      Nat.: Nativo                      RD.: Rojo Danéz                      C.: Criollo  
H. : Holstein                              J. : Jersey                              Ay.: Ayrshire

### 2.3 Parámetros reproductivos de diferentes grupos de ganado lechero en América Latina.

El avance genético de las explotaciones lecheras en Latinoamérica tradicionalmente se ha basado en aspectos productivos más que en reproductivos; sin embargo, la reproducción juega un papel importante en el crecimiento poblacional así como en una adecuada y duradera producción lechera. Existe gran cantidad de parámetros reproductivos que permiten tener una idea tanto del componente genético como del estado nutricional de un hato, siendo los más frecuentes: intervalo entre partos (IEP); servicios por concepción (S/C); edad parto (EPP); días del parto a la concepción (DPC) y edad al primer servicio (EPS), como se observa en el Cuadro 5.

Para la raza Criolla se ha encontrado 372-387 días, IEP 1,5-1,7 S/E: 36 meses, (EPP) 128,4 días (DPC) y 25,7-36,0 meses (EPS). Los valores encontrados para la raza Jersey son: 377-471 días de IEP, 2,2-2,3 S/C, 26 meses de EPP y 31 meses de EPS; mientras que para sus cruces son: 346-473 días de IEP, 1,4-1,8 S/C 19,5-32,0 meses de EPS. Respecto a la raza Pardo Suizo los parámetros reproductivos son los siguientes: 426-518 días de IEP, 35 meses de EPP, 167 días de EPC y 49 meses de EPS y para sus cruces: 416-502 días de IEP, 155-160 días de EPC y 36-38 meses de EPS.

La raza Holstein presenta el siguiente comportamiento reproductivo: 369-560 días IEP, 30-41 meses de EPP y sus cruces 355-422 días y 31-34 meses respectivamente. La raza Guernsey en el trópico presenta valores de 447 días de IEP y 1,6 S/C.

**CUADRO 5. Parámetros reproductivos de diferentes grupos raciales de ganado de leche en América Latina.**

Raza o mestizaje	Intervalo entre parto (días)		Serv. por Concep. (#) Cita		Edad al 1er. parto (meses) Cita		Días del parto a concepción (días) Cita		Edad al 1er. servicio (meses) Cita	
		Cita		Cita		Cita		Cita		Cita
Criollo	387	(26)	1,7	(26)					36	(27)
Criollo	372	( 5)	1,5	(34)	36	( 7)	128	( 6)		
Criollo									26	(38)
Pred. Nat.	454	(11)					148	(11)		
Jersey	377	(38)	2,2	(38)					31	(26)
Jersey					26	( 2)				
Jersey	471	(36)	2,3	(36)						
1/2 J 1/2 C	373	(38)	1,7	(38)					32	(26)
1/2 J 1/2 C									22	(38)
3/4 J 1/4 C	346	(47)							21	(38)
3/4 C 1/4 J	368	(47)	1,8	(38)					23,7	(38)
1/2 A <sub>y</sub> 1/4 J 1/4 C			1,7	(38)					30	(26)
1/2 A <sub>y</sub> 1/4 J 1/4 C									19,5	(38)
Pardo Suizo	426	( 7)			35	( 7)	167			
Pardo Suizo	518	(16)							49	(16)
Pred. P.S.	449	(11)					160	(11)		
Pardo Suizo	446	( 7)								
Híbrido P.S.	502	(46)								
7/8 P.S. 1/8 Cebú	416	(16)							36	(16)
Carora	455	(11)					155	(11)		
Carora	423	( 7)								
3/4 P.S.	432	( 7)								
3/4 P.S. 1/4 Cebú	500	(26)							38	(16)
Holstein	369	( 2)	3,0	(31)	34	( 2)				
Holstein	438	(32)			31	(32)				
Holstein	560	(16)			41	(34)				
Híbrido Holstein	355	(46)								
Híbrido Holstein	422	(35)								
3/4 Holstein	416	(32)			34	(32)				
5/8 Holstein	376	(32)			31	(32)				
1/2 Hols. 1/2 Cebú	392	(32)			32	(32)				
Guernsey	447	(25)	1,6	(25)						

## 2.4 Índices de heredabilidad y repetibilidad en diferentes grupos de ganado lechero en América Latina.

A nivel latinoamericano se nota una carencia de información acerca de parámetros que permitan un adecuado análisis de la situación genética de los rebaños productores de leche; se complementa a esto la reducida población con la que se trabaja, lo que ocasiona que los procesos de selección se vean dificultadas. En el Cuadro 6 se presentan datos para heredabilidad ( $h^2$ ) y repetibilidad (R) para producción de leche y se observa que van desde valores negativos hasta valores positivos que son similares al compararlos con valores de otras zonas. La raza Criolla presenta valores  $h^2$  de 0,25 y R de 0,32; los híbridos de Jersey presentan valores desde 0,41 hasta 0,70 para  $h^2$  y de -0,24 a 0,42 R. La raza Holstein presenta índices de  $h^2$  y de R desde 0,19 hasta 0,90 y 0,36 a 0,46, respectivamente, los demás grupos raciales lecheros presentan también valores similares.

CUADRO 6. Índices de heredabilidad y repetibilidad para Producción de leche en varios grupos raciales en América Latina.

Raza o mestizaje	Heredabilidad ( $h^2$ )	Repetibilidad (R)	Cita
Criollo	0.25	0.32	( 1)
Jersey	-0.31	0.36	( 1)
1/2 J 1/2 C	0.70	-0.24	( 1)
1/2 C 1/2 J	0.41	0.01	( 1)
1/2 A <sub>y</sub> 1/4 C 1/4 J	—	0.42	( 1)
1/2 RD 1/4 C 1/4 J	—	0.27	( 1)
Holstein	0.29	0.46	(31)
Holstein	—	0.43	(15)
Holstein	0.31	0.36	(29)
Holstein	0.19-0.90	—	(39)
Guernsey	0.23	0.24	(25)
G y R	0.28	—	(18)
Mestizo Pardo Suizo	—	0.45	(45)
Mestizo Pardo Suizo	—	0.36	(45)
Varias	0.28	0.32	(28)
Varias	—	0.50	(23)
Pardo Suizo	-0.26	0.17	(24)
3/4 P.S.	-0.17	0.32	(24)
1/2 P.S.	0.13	0.24	(24)

## 2.5 Respuestas al mejoramiento

Concluir en base a los datos obtenidos en Latinoamérica es difícil debido a la diversidad de ambientes que se presentan, los cuales implican una variación enorme en cuanto a los sistemas de producción, hecho que viene a agravarse por la deficiente o no utilización de registros; sin embargo, el avance genético que ha ocurrido en los rebaños criollos se debe en gran parte a la inclusión de sangre europea para producción de leche.

Respecto a la producción de leche, los animales híbridos (mestizos) han logrado iguales y a veces hasta superar las producciones de animales puros, con excepción de la raza Holstein que siempre ha mostrado una superioridad que no necesariamente debe ser confiable para señalarla como la raza mejor adaptada a las condiciones del trópico, ya que las producciones son de experiencias donde se han mantenido dichos animales en condiciones bastante adecuadas de clima y nutrición; así los productores han notado una pobre adaptación en esta raza cuando se ha llevado a ambientes menos favorables.

La ventaja del vigor híbrido es importante en los aspectos reproductivos y productivos; así, de los datos expuestos en los Cuadros anteriores, se puede inferir una mejora en los aspectos reproductivos y productivos de los animales cruzados con la raza criolla con respecto a animales puros lecheros.

En base a lo presentado anteriormente, se podría concluir que hay un efecto positivo del cruzamiento de las razas criollas lecheras con razas europeas índices bastante altos de  $h^2$  y  $R$  similares a los de razas puras, sino también ancestros, mostrándose la contribución de la raza Criolla en una menor mortalidad prenatal mayor longevidad y mayor resistencia a las temperaturas elevadas que las razas europeas.

Con el fin de preservar las características ventajosas de las razas criollas lecheras en varias zonas de Latinoamérica se han hecho núcleos de investigación orientados hacia la reproducción y expansión de estas razas así como el cruzamiento con animales europeos para mejorar el aspecto reproductivo de los animales puros en el trópico. Algunos ejemplos de estos núcleos son: en Turrialba, Costa Rica con el Criollo Centroamericano, en Río Limón, Venezuela con el Criollo Limonero.

A pesar de la existencia de estos grupos, hay un déficit de material genético tanto para animales criollos como europeos debido a lo reducido de las poblaciones existentes. Paralelo a este hecho, hay una gran cantidad de genotipos en el trópico, lo que facilitaría el mejoramiento. Sin embargo, la calidad de estos genotipos en la mayoría de los casos es desconocido, lo que ha dado como resultado algunos fracasos en sistemas de mejoramiento, en los cuales los  $F_1$  han dado menores producciones que sus ancestros debido a la falta de estudios previos de los sementales utilizados.

Un aspecto que dificulta el mejoramiento genético de los hatos latinoamericanos son las políticas de desarrollo que se siguen, las cuales son dispersas y fluctuantes, trayendo como consecuencia atrasos en el avance, lo que es complementado con la deficiencia de mano de obra capacitada para el manejo de lecherías en forma de sistemas de producción. También, cuando se trabaja en mejoramiento genético, muchas veces se olvida que los animales que se producen, tendrán mayores producciones y también mayores exigencias nutricionales. Así, aspectos que parecen deficiencias reproductivas o genéticas, son más bien deficiencias nutricionales.

El potencial del componente genético en el trópico en términos promedios no ha llegado a su techo biológico, actualmente presenta un rango de gran magnitud, en el cual se está considerando los recursos disponibles, con lo cual es difícil obtener altas producciones de leche por animal exclusivamente a base de pastoreo, por lo que es preferible utilizar cruces que proporcionen animales de tamaño mediano con producción moderada y que permita una reproducción satisfactoria y que al estar en un mayor número de cabezas por unidad de superficie se tendrá una mejor producción por unidad de área. Este tipo de animales no necesita pertenecer a un grupo o composición racial determinado, el único requisito indispensable es que se mantenga la heterosis a través los cruces y se aplique sobre ellos cierta presión de selección, basada en producción y reproducción.

Sin embargo, mientras no exista un orden en las políticas de planificación e integración de la investigación, así como de los componentes que influyen sobre la producción animal, será difícil alcanzar resultados favorables y permanentes en todo el trópico Latinoamericano.

LITERATURA UTILIZADA

1. ALVAREZ, J.R. Evaluación de 25 años de selección en un ható lechero del trópico húmedo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1975. 58 p.
2. ALVES NETTO, F. *et al.* Comportamiento medio das vacas e rebanhos controlado pelo Serviço de controle Leiteiro da Associação Paulista de Criadores de Bobinos. Revista dos Criadores 38:18-108. 1967.
3. ALVES NETTO, F. Average performance of cows in herds milk-recorded by the Sao Paulo Association of Cattle Breeders in 1945-1946. Revista dos Criadores 39:18-108. 1968.
4. BENEZRA, M.V. Y PEÑA, M. Estudio comparativo de tres sistemas de producción lechera para los Llanos Occidentales de Venezuela. Proyecto de Investigación. Archivos de la Facultad de Agronomía de Universidad Central de Venezuela, 1972. 12 p.
5. BODISCO, V. *et al.* Comportamiento del ganado Criollo Lechero en fincas privadas de la región de Río Limón en el Estado Zulia. I. Informaciones Preliminares. Ministerio de Agricultura y Cría. Boletín N° 13. Caracas, 1962. 17 p.
6. BODISCO, V., Y MAZZARI, A. Eficiencia reproductiva de las vacas criollas y Pardo Suizas en el Centro de Investigaciones Agronómicas. Ministerio de Agricultura y Cría. Boletín Técnico N° 14. 1962. 21p.
7. BODISCO, V., Y CEVALLOS, E. Comportamiento del ganado mestizo de la región de Carora en el año 1961. In. Jornadas Agronómicas, 5a., Barquisimeto, Venezuela, 1965. Memoria 5a. 1965.
8. BODISCO, V., *et al.* Cuatro lactancias consecutivas en vacas Criollas y Pardo Suizas en Maracay, Venezuela. ALPA Memoria, 3:61-75. 1968.
9. BODISCO, V., *et al.* Efecto de algunos factores ambientales y fisiológicos sobre la producción de leche de vacas Holstein y Pardo Suizas en Maracay, Venezuela. Agronomía Tropical 21:40-563. 1971
10. BODISCO, V., VERDE, D. y WILCOX, D.J. Producción y reproducción de un lote de ganado Pardo Suizo. ALPA. Memoria 6:81-95. 1971.
11. BODISCO, V., VERDE, D. y WILCOX, C.J. Reproducción de vacas mestizas de Pardo Suizo en los años 1971-1972. Agronomía Tropical 25:549-560. 1975.

12. CARO-COSTAS, R. y VICENTE-CHANDLER, J. Milk production with all-grass rations from steep intensity managed tropical pastures. *Journal of Agriculture of University of Puerto Rico* 53:251-258. 1969.
13. CEVALLOS, E. *et al.* Comportamiento del ganado de la región de Carora durante el período 1961-1965. Ministerio de Agricultura y Cría. *Boletín Técnico* N° 1. 1967. 32 p.
14. CRUZ, V, OCAMPO, A. y BRUN, A. Comportamiento del ganado Criollo en hatos privados de la región de Río Limón en el Estado Zulia. II. Producción comparativa en los años 1960-1961. *Jornadas Agronómicas*, 3a., Cagua, 1962.
15. GALINDO, S. Estimación de la producción total de leche a partir de las producciones del primer día, a los 30, 60, 90 y 120 días en un rebaño de la raza Holstein. *ALPA. Memoria* 6:148. 1977.
16. LA HOZ, E. y ROSENBERG, M. Experiencias de la Universidad Nacional Agraria - La Molina. *Anales* 1er. Reunión de la Asociación Pecuaria de producción Animal, Lima Perú 159-178. 1977.
17. MAGOFKE, J. Estimación del mejoramiento genético en producción de leche, grasa y largo de lactancias en el ganado Criollo Lechero en Turrialba. *Tesis Mag. Sc.* Turrialba, IICA, 1964. 109 p.
18. LOBO, R., F. y RAMOS, A. Estudio da porcentaje de gordura de vacas Gir Leiteira. II. Parámetros Genéticos. *III. Reunión Latinoamericana de Producción Animal*, 7a., Panamá, 1979. *Trabajos presentados*, 1979. p. irr. (G-20).
19. MAHADEVAN, P. *et al.* Performance of grade Holstein cattle in the Southern Caribbean. *Proceedings Second World Conference Animal Production.* College Park., Md. U.S.A. 398-399.
20. MALTOS, J. y CARTWRIGHT, T.C. Producción de leche bajo condiciones de trópico húmedo. *Hatos Fundadores de Jersey y Criollo en Turrialba*, Costa Rica. *ALPA Memoria* 6:187. 1971.
21. McDOWELL, R.E. Feasibility of commercial dayring with cattle indigeneus to the tropics. *Cornell International Agricultural Development. Bulletin* 21, New York. 1971.
22. McDowell, R.E. Bases biológicas de la Producción Animal en Zonas Tropicales. Trad. por Pedro Ducas Maluenda, *Acribia* 1972. 692 p.
23. MARTINEZ, N., VERDE, O. y FENTON, F. Producción de bovinos de leche de la zona alta de Venezuela. *ALPA Memoria* 6:144. 1977.

24. MARTINEZ, A. Análisis productivo y económico de un hato de Ganado Lechero en el Departamento de San Miguel, El Salvador. Seminario de Tesis N<sup>o</sup> 24. CATIE, 1979. (Resumen).
25. MORALES, J. Estudio de las características de reproducción y producción en un hato Guernsey en la zona alta de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, IICA, 1972. 46 p.
26. MUÑOZ, H. y DEATON, O.W. Criollo cattle in Latin America. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1975. 5p.
27. NAUFELL, F. Efeitos de alguns factores ambientais e genéticos na produção de leite e de gordura do rebanho experimental Holandes Preto de Brando do Departamento de Produção Animal de Sao Paulo. Boletín Industrial Animal 23:21-54. 1966.
28. NEGRON, A. Características de producción y reproducción de hato lechero en la zona húmeda de Costa Rica. Tesis Mag. Sc Turrialba, Costa Rica. IICA-CTEI. 1974. 66 p.
29. NEGRON, A.A. y TERAN, B. Producción de leche en el altiplano peruano. ALPA Memoria 6:150. 1977
30. PALLETE, A. VACCARO, R. y FLORES, A. Boletín de Extensión N<sup>o</sup> 5. Programa de Mejoramiento Animal, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. 73 p. 1974.
31. PEROZO, T. Características de reproducción y producción de un hato Holstein en zona de altura del trópico. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. IICA-CTEI. 1971. 39 p.
32. PRADA, N. Programa de selección por inseminación artificial para la leche y carne en Cuba. Paper presented FAO/SIDA Seminario sobre mejoramiento genético e inseminación artificial. La Habana, Cuba. Oct.-Nov. 1978.
33. RENDEL, J., LEEKS, D.G. y RENAND, J. Segunda consulta Especial sobre el Plan Internacional para coordinar el Fomento Lechero-Bolivia, FAO, Roma. 51 pp. 1972.
34. RIOS, C.E. y BODISCO, V. Estado actual de los estudios de Ganado lechero en el Centro de Investigaciones Agronómicas. Ministerio de Agricultura y Cría. Boletín Técnico N<sup>o</sup> 11. 1962. 14 p.
35. RODRIGUEZ-VOUGHT, A. *et al.* Comportamiento productivo del ganado lechero mestizo en el Sur del Lago de Maracaibo durante el año 1973. Agronomía Tropical 24:205-217. 1974.
36. RODRIGUEZ, R., DEATON, O. y MUÑOZ, H. Producción y reproducción de un hato Jersey en la Zona Alta de Costa Rica. ALPA Memoria 6:149. 1977.

37. SALAZAR, J.J. *et al.* Factores ambientales en la producción de leche en Colombia. ALPA Memoria 6:189. 1971.
38. TORRES, B.I., DEATON, O.W. y MUÑOZ, H. Eficiencia reproductiva de tipos raciales lecheros en el Trópico húmedo. ALPA Memoria 9:85-86. 1974.
39. VACCARO, R., PALLETE, A. y CORDERO, A. Parámetros fenotípicos de vacunos Holstein de la cuenca lechera de Lima. *In.* Reunión Latinoamericana de Producción Animal, 7a. Panamá, 1979. Trabajos presentados, 1979. p. irr. (G-21).
40. VACCARO, R., PALLETE, A. y CORDERO, A. Parámetros genéticos de la producción de leche, grasa y duración de la lactancia. *In.* Reunión Latinoamericana de Producción Animal, 7a., Panamá, 1979. Trabajos presentados 1979. p. irr. (G-22).
41. VENEZUELA, MINISTERIO DE AGRICULTURA Y CRIA. Centro de Investigaciones Agropecuarias de la Región Zuliana. Informe Anual de Proyectos. Maracaibo. 1972.
42. VERDE, O. *et.al.* Características de producción lechera de tres hatos en la región tropical húmeda de Venezuela. ALPA Memoria 3:195. 1968.
43. VERDE, O. *et.al.* Influencias genético-ambientales y sus interacciones sobre la producción lechera de novillas en el trópico. ALPA Memoria 6:187-188.
44. VERDE, O. Producción de leche con mestizos Pardo Suizo. *In.* Reunión Latinoamericana de Producción Animal, 7a., Panamá, 1979. Trabajos Presentados, 1979. p. irr. (G.3).
45. VERDE, O. Características productivas de un rebaño mestizo Pardo Suizo. *In.* Reunión Latinoamericana de Producción Animal, 7a., Panamá, 1979. Trabajos Presentados, 1979 p. irr. (G-7)
46. WILKINS, J., ALI, J.A. y VACA DIEZ, C. El cruzamiento para la producción lechera en los Llanos de Bolivia. *In.* Seminario sobre cruzamiento de bovinos productores de leche en el trópico: el rol del animal cruzado en diferentes sistemas de producción, Reunión Latinoamericana de Producción Animal, 7a. Panamá, 1979. 8 p (mimeografiado).
47. ZURITA, J. y DE ALBA, J. Milk yields of Holstein Friesian crossbreeds in dairy herd in Tropical Northeast México. *Revista Mexicana de Producción Animal.* 2:3-11. 1969.

Adicionalmente se utilizó:

LEON VELARDE, C.U. Mejoramiento Genético. Guión Audiovisual. Unidad de Capacitación, CATIE, Turrialba, Costa Rica

LEON VELARDE, C.U. Mejoramiento genético. Apuntes de clase. Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. 100 p. (mimeo) 1973. San José , Costa Rica.

LEON VELARDE, C.U. Producción de Leche. Apuntes de clase. Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. 135 p. (mimeo) 1974. San José, Costa Rica.

Preparado : UNIDAD DE CAPACITACION, CATIE, Turrialba, Costa Rica  
Mecanografiado: Lidiett Thomas R.

EL USO DE REGISTROS EN LOS SISTEMAS  
DE PRODUCCION DE LECHE EN EL TROPICO

Carlos León Velarde

EL USO DE REGISTROS EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCION  
DE LECHE EN EL TROPICO\*

Carlos León Velarde\*\*

INTRODUCCION

Cada finca o explotación lechera es un sistema de producción, en el cual se define claramente los componentes (pasto-animal), los límites (cerca perimetral), las entradas (precipitación, radiación, fertilizantes, subproductos agroindustriales y otros insumos dependiendo de la finca); la salida del sistema es fundamentalmente la leche producida, así como terneros machos y vacas improproductivas.

Figura 1.

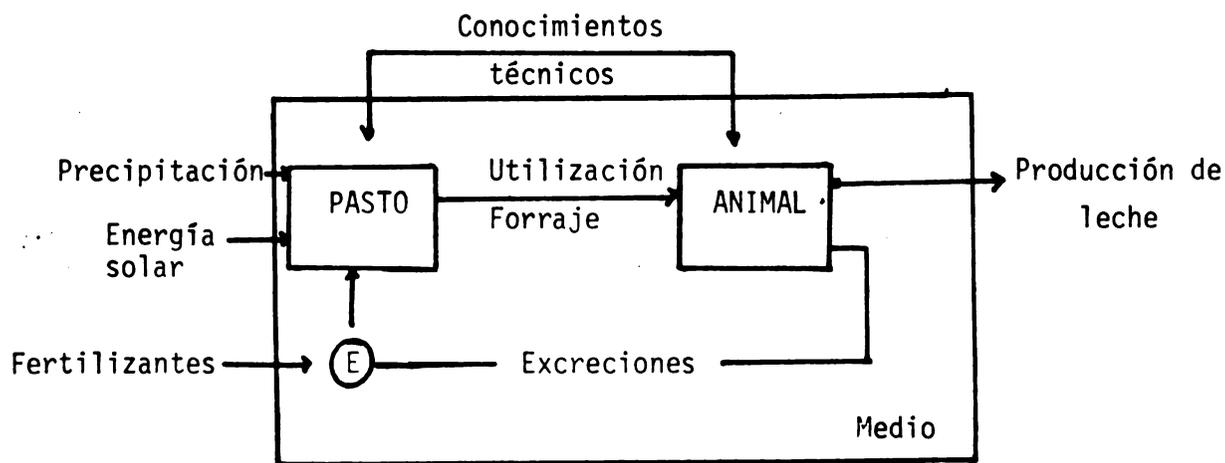


Figura 1. Representación gráfica de un sistema de producción de leche en el trópico.

\*Presentado en el curso "Metodología de Investigación de Sistemas de Producción Animal". CATIE, Programa de Producción Animal, Turrialba, Costa Rica.

\*\*Ing. Zootecnista; M.Sc. Unidad de Capacitación, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Todo sistema de producción de leche es dinámico, debido a que se producen diversos eventos sobre cada componente que lo integra, y en la medida que se tengan los conocimientos técnicos necesarios se podrá controlar y/o mejorar la salida del sistema; esta es evidenciada, en su primera fase, por el ingreso que se está generando en la comercialización del producto en base a lo producido. Sin embargo, es de considerar que la leche es un producto cuyo precio está sometido al control de precios de cada país, por lo que el aumento del ingreso de una explotación lechera se encuentra en el aumento de la productividad, basada esta en la "producción por unidad de área".

Para lograr esto es necesario controlar tanto el componente pasto como el animal; respecto al componente pasto, su optimización se evidencia a través de la respuesta animal y para ello es necesario controlar los resultados obtenidos mediante los registros adecuados.

#### Consideraciones en el Uso de Registros.

Cuando un técnico se refiere al uso de registros, está involucrando un método tabulado que condense, posteriormente, en forma óptima e ideal lo que él desearía saber sobre una explotación en particular; sin embargo, no coinciden, en la mayoría de los casos, el tipo de información que a un productor le interesaría y debería saber, por lo que diseña registros complicados que solo a él le sirvan y por tal razón siempre estarán incompletos; existen varias clases y tipos de registros, que se pueden encontrar en cada libro escrito sobre producción de leche; estos sólo deben ser tomados como una referencia; cada técnico de acuerdo a las necesidades de producción o de la investigación que realice deberá diseñar su propio registro, considerando la posibilidad de trabajo para analizar los datos.

#### Elaboración de registros.

Para confeccionar un registro se debe considerar:

Claridad: la información debe ser fácil de visualizar.

**Precisión:** Al contener datos reales que proporcionan información valedera.

**Sencillez:** Al considerar datos que sean factibles de controlar y acumular para su análisis posterior.

Al tener presente estas consideraciones se debe listar la información primaria, secundaria y terciaria que se quiere registrar para que de su análisis conjunto se tomen las decisiones correspondientes en la información que se pretenda recopilar no será necesariamente de las tres clases, ya que éstas dependen de la situación de la explotación; en fincas comerciales interesa la información primaria y secundaria; en fincas experimentales se deberá llevar toda la información necesaria de acuerdo al tiempo y costo que involucra el tomar y analizar los datos.

La información primaria la constituye la identificación, producción de leche y reproducción; la información secundaria, padres, grado de cruzamiento, fechas de nacimiento, fechas de parto y servicios; la información terciaria: análisis de leche, peso, color, tamaño, longitud y otros que representen importancia de investigación científica, por ejemplo probar con los parámetros de producción.

### Registros.

Fundamentalmente, en toda explotación lechera existen datos importantes que están relacionados con la producción, reproducción, costos, los que deben ser anotados en libros o cuadros organizados, de tal manera, que de su análisis se detecten los problemas existentes y se tenga una solución eficiente en beneficio del productor.

Existen diferentes tipos de registros, pero los más recomendables que deben llevarse en una finca son:

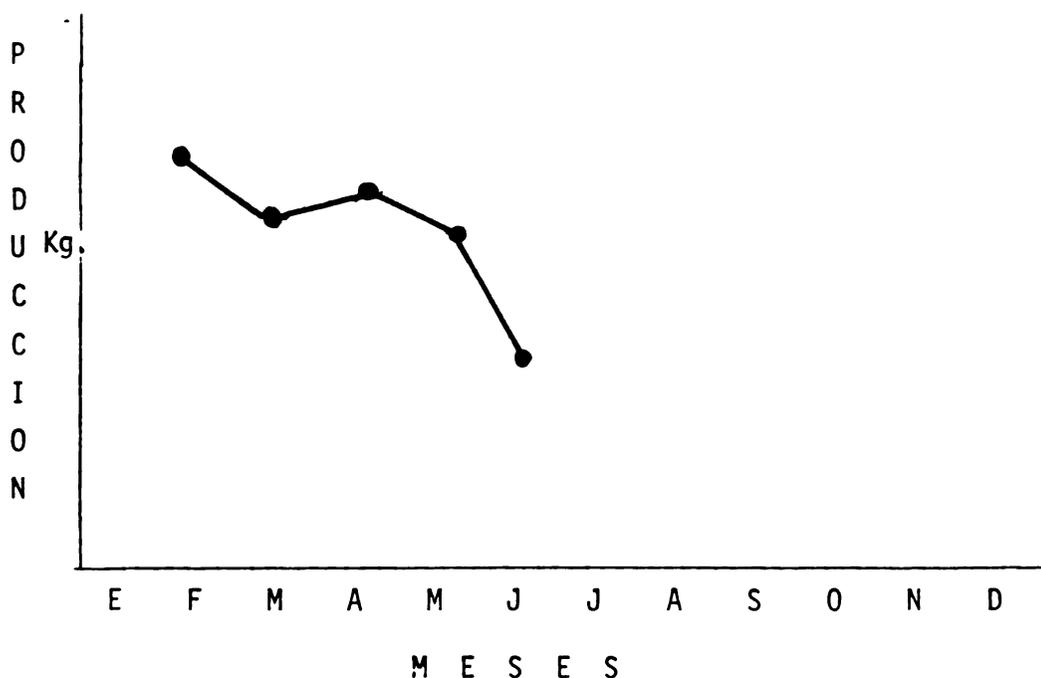
- Producción mensual de la producción de leche del hato y de cada vaca.
- Control de reproducción de cada vaca.
- Resumen individual de producción de cada vaca.
- Control de compras, ventas y amortizaciones.

Ejemplo 1. CUADRO DE PRODUCCION POR MES

VACA N°	ACUMULADO Kg.		DIAS DE ORDENO	FECHA DE ULTIMO PESO O ENTRADA AL ORDENO	ALIM. DIARIO Kg.	TOTAL FECHA DE PESO: 1 - 6 - 80				OBSERVACIONES				
	DIAS	LECHE				LECHE		TOTAL						
						M	T	DIA	MES		LECHE	DIAS	ALIM.	
05	14	126	28	2.0	1-5-80	31	4	5	9	279	405	45	89	Aborto sexto mes preñez
12	82	492	41	0.5	1-5-80	31	3	3	6	186	678	113	56.5	Presente mas- titis inicio lactancia.
13	42	315	63	1.5	1-5-80	31	4	3.5	7.5	232.5	547.5	73	109.5	
14	54	486	108	2.0	1-5-80	31	5	4	9	279	765	85	170	
17	29	232	43.5	1.5	1-5-80	31	4	4	8	248	480	60	90.0	
21	114	741	114	1.0										
25	178	1620	178	1	1-5-80	31	4.5	5.0	9.5	294.5	1914.5	209	209	No está preñada
28	---	---	---	2	21-5-80	11	4	3	7.0	.77	77.0	11	22	Entró al ordeño.
TOTAL														

\*Alimento según la producción (relación 2:1 por encima de 5 kilos de leche promedio en el día-ordeño)

A continuación se presenta un esquema para controlar la producción y reproducción. El cuadro de control mensual de la producción, consiste en acumular los días de lactancia de cada vaca del hato y relacionarla con la producción de leche de un solo día del mes. Se basa en una hoja con los encabezamientos señalados en el ejemplo, al momento del ordeño se debe tener completa la parte A; si se empieza por primera vez será en blanco, si no se tiene información anterior, lo contrario será el resultado de la sección "D" del control anterior; la parte "B" será el día de pesada o entrada al ordeño por primera vez (caso de la vaca N°28), la diferencia con respecto a la fecha de peso dará los días de ordeño; la parte "C" del cuadro es el resultado del control de ordeño del día de la pesada; la "D" será los cálculos de sumar lo obtenido en "C" más lo de "A" y servirá para tener la información a analizar, promedios por vaca y días de lactancia; por ejemplo, la vaca 25 lleva 211 días de lactancia, tiene un promedio de 9.07 litros por día, pero no está preñada, lo que nos indica que de secarse habrá un período largo que estará consumiendo pero no producirá. Con la información total de la parte "C" se puede confeccionar un cuadro según el Ejemplo 2.



Ejemplo 2. Gráfica de Producción de Leche.

Esta gráfica sólo permite ver la producción a través de los meses y evidenciar la caída que pueda ocurrir, ya que durante cada día del mes, el productor controla la producción diariamente ya sea por el número de recipientes u otra forma y trata de elevar la producción al nivel anterior que venía produciendo. Con el cuadro de producción mensual es posible establecer un programa de mejoramiento utilizando computadora, previo programa de trabajo y cómputo, en el que cada mes se le lleva la hoja a llenar por el productor y luego se recoge y se alimenta a la computadora.

La producción mensual de cada vaca puede ser trasladada de acuerdo al interés del productor a un cuadro individual tal como a continuación se presenta en el Ejemplo 3. Para completar el ejemplo del cuadro de producción mensual, consideraremos a la vaca N°25 que tendrá el comportamiento indicado en el interior de la tarjeta; el último dato que se tiene corresponde a la pesada realizada el 1-6-80 e indica 31 días de lactancia y 294.5 litros producidos; la suma de los días y leche producida como en la primera lactancia nos dará la información total por lactancia, el resto de datos, como edad al primer parto, intervalos de lactancia y observaciones nos proporcionará más elementos para cualquier decisión futura.

El control de reproducción debe ser diario y se puede considerar la parte trasera del registro individual de producción acumulando según ocurra un evento reproductivo.

El Ejemplo 4 indica la forma de almacenar esta información.

Para el control de costo es posible llevar solo una hoja por mes que contenga los ingresos (ventas), egresos reales (compras, pagos, amortizaciones); con esta información mensual, unida a la cantidad de leche producida se podrá tener un análisis económico aproximado de lo que ocurre en la explotación.

Ejemplo 3. REGISTRO DE PRODUCCION DE LECHE INDIVIDUAL

VACA N°: 25		FECHA NACIMIENTO: 2-1-76										FECHA DEL PRIMER PARTO: 15-10-78				
PADRE N°: INCA		DIAS AL PRIMER PARTO: 1017 (2.7 años)										SERVICIOS EFECTUADOS				
MADRE N°: 02												1	2	3	4	
N° LACTANCIA	FECHAS INICIO LACTAN.	INTERV. DE LACTAN.	DIAS Y KGS. ACUMULADOS	LACTANCIA										TOTAL LECHE DIAS	PROMEDIO FECHA TERNERO LACTAN.	OBSERVACIONES
				MES DE												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1°	20-10-78	---	Kg Días	189 21	240 30	217 31	186 31	174 29	155 31	120 30	80 20	--	--	1361 223	6.1 20-5-79	Parió muy joven; ternero fue pequeño y nació muerto.
2°	4-11-79	168	Kg Días	240 26	270 31	272 31	260 29	280 31	298 30	294.5 31	--	--	--	---	---	Lleva 5 servicios y no está preñada
3°			Kg Días													

Ejemplo 4. REGISTRO INDIVIDUAL DE REPRODUCCION

N° VACA: 25

FECHA NACIMIENTO: 2-1-76

PADRE: INCA

FECHA PRIMER PARTO: 15-10-78

MADRE: 02

INTERVALO:

N° Servicio	Fecha Servicio	Toro Usado	Preñez	Fecha Parto	Sex.	Peso	N° Ternero	Intervalo Parto
1	4-1-78	Pepe	N	---	--	--	---	----
2	2-2-78	Pepe	P	1-11-79	M	Nació	muerto	----
1	11-12-79	Cacique	N	---	--	--	---	----
2	15-1-80	Cacique	N	---	--	--	---	----
3	28-2-80	Abuelo	N	---	--	--	---	----
4	26-3-80	Abuelo	N	---	--	--	---	----
5	21-4-80		N	---	--	--	---	----



**ASPECTOS SANITARIOS EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCION BOVINA**

**Medardo Lasso Pedroso**

## ASPECTOS SANITARIOS EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCION BOVINA

Medardo Lasso Pedroso\*

### INTRODUCCION

Los sistemas de producción animal son el resultado de la interacción de un grupo de factores entre los cuales la sanidad animal juega un papel importante.

El aforismo popular "prevenir es mejor que curar" es una verdad en zootecnia y tiene plena vigencia en los procesos productivos en los cuales los términos económicos son los que rigen su destino. Por lo tanto es de fundamental importancia la elaboración y ejecución de programas de medicina veterinaria preventiva prácticos y adaptados a las particularidades de cada zona o región.

Para hacer posible la prevención oportuna de los problemas de sanidad en un hato es necesario poner en práctica diversas normas relacionadas con el manejo de los animales, la inmunoterapia y el diagnóstico, entre otras. Por tanto, en este capítulo se presentarán brevemente un conjunto de aspectos técnicos y recomendaciones prácticas de trabajo que tienen como objetivo básico mantener la salud del ganado.

### PRACTICAS DE MANEJO Y SANIDAD

Entre las recomendaciones prácticas de manejo que contribuyen a mantener la salud animal se encuentran la rotación de potreros, el control de las épocas de monta, los sistemas de crianza de terneros y las prácticas de higiene en la finca.

---

\* Médico Veterinario Zootecnista, M.S., Especialista en Producción Animal, Departamento de Producción Animal, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

### Épocas de monta.

El control de las épocas de monta constituye otra herramienta de manejo de gran utilidad para preservar el estado sanitario de los hatos, ya que a través de ésta práctica se obtiene un mejor estado general de las madres al lograr que comiencen su etapa productiva en las épocas del año que mejores condiciones presenten. Esto repercute también sobre los terneros, especialmente en aquellos hatos de doble propósito donde se practica un ordeño diario y el ternero permanece con la madre aproximadamente 8 horas diarias.

Por otra parte, el aspecto reproductivo se puede mejorar, especialmente en zonas con épocas críticas en cuanto a clima, ya que el control de las épocas de monta busca que los terneros nazcan en las mejores épocas y que éstas sean también favorables para la recuperación rápida de la madre y el pronto retorno del celo. Esta práctica tiene más importancia en los hatos de doble propósito ya que en los de producción especializada de leche o en los que se utiliza el sistema de crianza en estabulación, es posible controlar mejor las condiciones de desarrollo de los terneros y la alimentación de las madres.

### Sistema de crianza.

Mediante la aplicación adecuada de los diferentes sistemas de crianza de animales jóvenes: pastoreo, confinamiento en jaulas, confinamiento en corrales, semipastoreo, etc., es posible disminuir los porcentajes de mortalidad y morbilidad por enfermedades que afectan los terneros, mortalidad y morbilidad que pueden ser muy altas cuando no existen condiciones sanitarias adecuadas. Igual ocurre con las vacas, las que pueden mantener en buen estado su sistema mamario, principalmente, cuando el sistema de crianza de los terneros evita maltrato y excesos innecesarios.

### Normas de higiene.

Las prácticas de higiene en un hato constituyen un capítulo de mucha importancia, principalmente cuando se habla de animales jóvenes, ya que muchos de los problemas sanitarios se deben a la falta de aseo de los lugares donde estos viven o de los recipientes donde reciben su alimentación. La limpieza y la desinfección rutinaria de los establos y recipientes mejora en mucho el estado sanitario de los terneros. Practicar en forma rutinaria la desinfección de ombligos en los terneros recién nacidos, así como de las heridas y evitar que los alimentos se contaminen con heces, contribuye en mucho a mantener la salud de los animales, ya que muchas de las enfermedades tienen como vías de ingreso al organismo las heridas o los alimentos. Al hablar de animales adultos se debe tener en cuenta que las prácticas de desinfección de los pezones después del ordeño, la curación de heridas, la limpieza de equipos y utensilios de trabajo, entre otras, contribuyen positivamente en la prevención de enfermedades tales como la mastitis y mejoran el estado sanitario general del hato.

### INMUNOTERAPIA

La inmunoterapia, es decir la utilización de antígenos o vacunas que provocan en el animal la formación de anticuerpos o elementos defensivos del organismo contra los agentes patógenos, es una de las medidas que mayor importancia tienen dentro del campo de la medicina veterinaria preventiva. La inmunoterapia trata de proteger los animales contra enfermedades de tipo enzootico en las zonas ganaderas; por lo general esas enfermedades son de difícil curación y de alto grado de morbilidad, lo que conlleva a pérdidas económicas de importancia. Existen dos clases de inmunoterapia, la inmunización activa y la pasiva.

### Inmunización activa.

Es aquella en la cual se utilizan antígenos o microorganismos causantes de enfermedades para producir una respuesta del organismo animal, de tal forma que prevenga la enfermedad contra la cual se ha realizado la inoculación. Este proceso se logra mediante la utilización de vacunas o bacterinas que pueden ser preparadas con base en gérmenes vivos, modificados o atenuados. Las bacterinas están formadas por partes de bacterias responsables de las enfermedades y por lo tanto no pueden causar la enfermedad en casos de error en su aplicación, mal manejo del producto o estado de debilidad extrema de los animales.

### Inmunización pasiva.

Esta se logra mediante el uso de sueros hiperinmunes, es decir, sustancias cargadas de anticuerpos específicos contra determinada enfermedad. Tienen como función combatir directamente la enfermedad sin estimular al organismo para que genere sus propios anticuerpos o para mantener un nivel de anticuerpos determinado que prevenga las enfermedades. Cuando el organismo reacciona a vacunas y sueros inoculados conjuntamente, el proceso se denomina "suero-vacunación".

### PRUEBAS DE DIAGNOSTICO Y ELIMINACION DE REACTORES POSITIVOS

Son las pruebas de laboratorio que se utilizan para identificar los animales enfermos que no han manifestado sintomatología clínica o para confirmar diagnósticos clínicos previos. La identificación y eliminación de todos los animales reactores positivos constituye una de las mejores armas de prevención de que se dispone, puesto que así se eliminan las fuentes de contagio.

Las pruebas de diagnóstico que con más frecuencia y en forma rutinaria se deben realizar son las de Brucelosis y Tuberculosis, principalmente.

En el diagnóstico de Brucelosis se trabaja con base en pruebas serológicas, entre las cuales están la prueba de aglutinación rápida en placas y la de fijación de complemento. Estas pruebas se realizan fundamentalmente con suero sanguíneo, pero también se pueden realizar con el suero seminal o con el suero de la leche. En el caso de la leche comúnmente se practica la llamada "prueba del anillo" o "ring test". Esta prueba tiene una importancia práctica estratégica en los trabajos de control de brucelosis puesto que cuando se programa para realizarla en forma rutinaria permite detectar la presencia de animales reactivos en sus fases iniciales dentro del hato; posteriormente a esa identificación se deben practicar pruebas diagnósticas dirigidas a determinado animal o pequeño grupo de animales. La importancia práctica de esta prueba radica en la frecuencia de ejecución y por tanto en la identificación de animales reactivos en sus fases iniciales de la enfermedad.

La prueba diagnóstica para la Tuberculosis es la tuberculino-reacción, que es una prueba de tipo alérgica en la cual la inoculación de 0,1 cc de tuberculina en las capas profundas de la piel, produce una reacción local de los animales enfermos, caracterizada por engrosamiento y enrojecimiento de la piel 48 horas después de su aplicación.

### Calendario sanitario

La aplicación práctica de la medicina preventiva en las ganaderías de leche se basa en los llamados calendarios sanitarios, los que se deben desarrollar a partir de la experiencia local para cada uno de los problemas relacionados con la salud animal. Un ejemplo práctico para algunas regiones tropicales se presenta a continuación.

Calendario Sanitario

Enfermedad	1a. aplicación	Repeticiones	Producto
Neumoenteritis	1er. día	a los 8 días	Suero-vacunación
Brucelosis	4-8 meses	-	Vacunación
Carbunco S.	6 meses	1 año	Vacunación doble
Edema maligno	6 meses	1 año	" "
Septicemia H.	6 meses	1 año-cada año	Vacunación
Antrax	?	cada año	Tipo adecuado a la zona

Programa de desparasitación: Según las necesidades de cada explotación

Control brucelosis: Cada año en los toros; en las vacas que abortan

Control tuberculosis: Cada año en todo el grupo de vacas madres

ENFERMEDADES INFECCIOSAS MAS COMUNES EN LAS ZONAS TROPICALES

Neumoenteritis o neumonia contagiosa de los terneros.

Esta enfermedad, también conocida como neumonia de los terneros o mal bobo, constituye uno de los problemas más importante en muchos hatos de cría. Se presenta en animales hasta los 6 meses de edad y aún mayores, pero generalmente se observa en terneros de 10 días a 4 meses de edad. No suele ser un problema grave en explotaciones pequeñas, donde la cría anual es reducida y no son muchos los terneros jóvenes que crecen juntos. Los establecimientos grandes generalmente cuentan con establos especiales o criaderos para terneros, donde permanecen los animales jóvenes durante los primeros meses de su vida; en estas unidades suele ser donde se encuentran mayores proporciones de infección.

La enfermedad es sumamente contagiosa y los terneros recién nacidos, que son llevados constantemente a dichas unidades, sirven para sostener y perpetuar la infección.

Se cree que existe una relación directa entre la neumonía de los terneros y la diarrea blanca de los mismos; de aquí el nombre de neumointeritis. La enfermedad diarreica precede a la neumonía, puesto que ordinariamente ocurre cuando el ternero tiene de 1 a 10 días de edad. Puede suceder que terneros que hayan sufrido diarrea no sufran neumonía y terneros que sufran neumonía no hayan sufrido diarrea.

No se ha establecido con certidumbre conexión etiológica alguna entre la diarrea y la neumonía. Por espacio de muchos años se han aislado cepas de Escherichia coli de las evacuaciones intestinales y de los tejidos de terneros fallecidos por diarrea, considerándose este microorganismo como el agente causal; pero su inoculación en estado puro no reproduce la enfermedad neumónica.

De los pulmones de los terneros fallecidos a consecuencia de neumonía se han aislado una gran cantidad de gérmenes, entre ellos: Streptococos, Corynebacterium pyogenes y Pasteurella multocida, pero dado que nunca se ha podido reproducir la neumonía característica, cabe suponer que se trata de invasores secundarios siendo un virus el agente etiológico principal.

Sintomología. La enfermedad predomina en aquellos lugares donde los animales permanecen agrupados y en establos con poca ventilación e higiene. Por lo general el proceso comienza con diarrea que posteriormente se complica con neumonía, pérdida del apetito, fiebre alta, mal aspecto externo, postración, secreción nasal escasa y respiración acelerada. Cuanto más viejo y fuerte sea el animal mejor resiste la enfermedad y más posibilidades tiene de recuperarse. Los terneros pequeños y débiles pueden morir en unos cuantos días.

Si el animal supera la fase aguda a menudo queda con debilidad permanente debido a las lesiones pulmonares causadas por los agentes bacterianos que invariablemente acompañan al virus.

Diagnóstico. Este se hace basado en la edad de los animales, en la manifestación de diarrea con aumento de temperatura corporal, presencia de tos y ligera secreción nasal. Al auscultar los pulmones se escucha el ruido pulmonar aumentado y la presencia de flema en las vías respiratorias.

Tratamiento. La utilización de antibióticos de amplio espectro que tengan acción contra los agentes causales de la diarrea y los secundarios de la neumonía ha dado buenos resultados, ya que el agente viral por si solo presenta cuadros clínicos benignos. Además se recomienda administrar productos quimioterápicos para recuperar la resistencia del animal.

Profilaxis. Se deben vacunar los animales recién nacidos contra los gérmenes colibacilares causantes de los estados diarreicos y por tanto predisponentes a las neumonías virales. Así mismo se deben practicar normas de higiene en los establos de los terneros como parte de los procedimientos para controlar la enfermedad.

### Brucelosis

La brucelosis del ganado vacuno, aborto epizootico o enfermedad de Bang, está muy difundida en todas partes del mundo. En algunos países el grado de infección llega a niveles hasta del 40 al 60 por ciento de las explotaciones bovinas.

Esta enfermedad tiene gran importancia económica ya que causa graves pérdidas. A causa de ella numerosos terneros nacen cuando todavía no son viables

o mueren poco tiempo después de nacer, la producción de leche disminuye y muchas veces después de que las vacas abortan tienen dificultades para una nueva concepción.

Etiología. La brucelosis del ganado vacuno es producida por la Brucella abortus. Excepcionalmente puede ser producida por la Brucella melitensis o la B. suis, las que son específicas de las especies ovinas y caprinas y en los cerdos.

Infección natural. La infección suele ser introducida al hato por hembras grávidas infectadas que al abortar o dar cría expulsan grandes cantidades de brucelas con el feto, el líquido amniótico y las cubiertas fetales. También pueden difundir la enfermedad las hembras que poco después de abortar eliminan brucelas con la secreción vaginal y vacas que parecen sanas pero en su leche eliminan las brucelas. Rara vez la enfermedad es difundida por los toros. Sin embargo, los toros que padecen orquitis específica por brucela son difusores de la enfermedad; Jepsen (1938) y otros indican que puede haber brucelas también en las vesículas seminales de aquellos animales que no manifiestan clínicamente orquitis. En casos excepcionales se puede introducir la enfermedad a un hato por medio de animales recién nacidos procedentes de otras explotaciones donde hay brucelosis, a través de las heces de los terneros en las que se eliminan el agente patógeno durante algún tiempo; según Ranney citado por Hutyra y Marek (1973) de 7 días hasta 6 semanas.

El vehículo infeccioso de más importancia práctica en la difusión de las brucelas son las cubiertas fetales, el líquido amniótico y el feto de las hembras infectadas, en los que se encuentran grandes cantidades de brucelas que pueden infectar la cama y el suelo de los establos, el pienso y en algunas ocasiones hasta el agua de los bebederos. La infección también se disemina

por la leche, pues aproximadamente la mitad de las vacas infectadas, después de abortar o parir, eliminan brucelas con la leche durante semanas, meses y aún años. Sin embargo, la infección con la leche solo tendría importancia en establos con deficiencias higiénicas, donde se deja caer leche sobre el pienso o las camas. Ocasionalmente se puede eliminar la brucela de la orina, siendo esta otra fuente de infección.

La vía más frecuente de contagio es la digestiva, pero el contagio por vía cutánea tiene por lo menos igual importancia. Sin embargo no se puede desear la infección por los toros por "acción mecánica", al cubrir vacas infectadas y luego vacas sanas; en éste tipo de contagio tienen mayor importancia los toros que albergan brucelas en los testículos.

La receptividad para la infección por brucelas aumenta a medida que las vacas se aproximan a la madurez sexual y es mayor en los animales que han alcanzado esa madurez.

Síntomas. En las hembras el síntoma más manifiesto es el aborto, el cual puede sobrevenir en cualquier período de la preñez, siendo más frecuente del sexto al octavo mes de gestación, pero también puede ser más tarde y aún más precozmente. Las membranas fetales pueden ser expulsadas de manera normal, aunque con frecuencia se observa retención, especialmente cuando el aborto se produce tempranamente.

Los terneros nacidos prematuramente suelen nacer muertos, pero los más desarrollados a menudo nacen vivos. Con todo, incluso los de mayor o menor madurez y hasta los nacidos a término, suelen morir de gastroenteritis u otras formas de septicemias de los recién nacidos, uno o dos días después del nacimiento.

En el toro se advierte a veces enrojecimiento e inchazón del pene y más a menudo inflamación de los testículos y del epidídimo. En los casos agudos el testículo está inflamado y doloroso, disminuyendo posteriormente estos síntomas hasta que se establece una orquitis crónica que sólo se nota por un abultamiento de los testículos que a la palpación es duro.

Diagnóstico. La brucelosis sólo se puede diagnosticar con exactitud mediante la demostración de la presencia de brucelas en los exudados o por el resultado positivo del examen de la sangre. La sólo presencia de abortos esporádicos o múltiples en un hato no sirven para el diagnóstico diferencial.

#### Exámenes de inmunodiagnóstico.

En una infección por brucelas el organismo forma anticuerpos específicos a este germen. Cuando los anticuerpos se encuentran en concentración suficiente en el organismo se pueden detectar por medio de pruebas serológicas en los líquidos orgánicos: sangre, leche, semen.

#### Técnicas prácticas de diagnóstico.

Es recomendable realizar periódicamente exámenes que permitan un diagnóstico rápido en la propia finca. En este caso se utilizan la prueba de aglutinación rápida con suero sanguíneo, leche o semen y la prueba del anillo o "Ring test".

Tratamiento. No existen tratamientos confiables para ésta enfermedad.

Prevención. Se recomiendan las siguientes medidas:

- a) Vacunación de las hembras jóvenes de 4 a 8 meses de edad;
- b) Realización rutinaria de pruebas de diagnóstico en la leche;
- c) Realizar pruebas serológicas en animales que abortan o

que son sospechosos, y

- d) Eliminar los animales positivos a los exámenes de brucelosis.

#### Carbón sintomático.

El agente causal del carbón sintomático, mal de paleta o pierna negra es el bacilo Clostridium chauvoei, el cual produce una afección que generalmente es mortal en los bovinos y ocasionalmente en ovejas, cabras y cerdos. La infección aparece esporádicamente en ciertas zonas donde el organismo vive en el suelo. La enfermedad tiene un curso agudo y con frecuencia los animales afectados aparecen muertos aunque no se hayan visto signos de enfermedad.

Las lesiones consisten en tumefacción crepitante de la musculatura, particularmente de las extremidades, lo que origina una extensión rígida características de los miembros poco después de la muerte. Al cortar los músculos en la necropsia estos se ven de color rojo oscuro o pardo con estrias negras. Algunas zonas aparecen jugosas y a la presión escurre un exudado oscuro que contiene gas; se percibe un olor dulzón característico. El tejido subcutáneo de los músculos afectados es de color amarillento, consistencia gelatinosa, teñido de sangre y contiene burbujas de gas.

Patogenicidad. La infección en los bovinos se presenta principalmente en animales jóvenes de 4 meses a 2 años de edad. La primera manifestación es la cojera y una inflamación difusa en la región del hombro y del cuadril; el animal está afiebrado y con gran depresión. La región inflamada se percibe reblandecida a la palpación y al presionarla cruje por el gas contenido en el tejido muscular. Los animales afectados mueren en 1 a 2 días. Hay casos de carbón sintomático con ausencia de lesiones musculares, o estas son discretas o están situadas en músculos profundos.

Diagnóstico. El diagnóstico se confirma por las lesiones macroscópicas características y por la demostración microscópica de los bacilos en número considerable en muestras tomadas directamente de las lesiones.

Tratamiento. No existe un tratamiento efectivo para ésta enfermedad, dada la rapidez del proceso. La aplicación de antibióticos de amplio espectro en altas dosis pudiera eventualmente ayudar. La vacunación de los animales jóvenes es el único medio de protección eficaz.

### Edema maligno

El edema maligno, edema gaseoso o septicemia gangrenosa es una enfermedad muy extendida en el mundo entero. El agente etiológico del edema maligno es el Clostridium septicum, organismo identificado por primera vez por Pasteur en 1897. Mide de 0,6 a 0,8 micras de ancho por 3 a 8 de largo. En los cultivos de laboratorio casi siempre se presenta aislado o en cadenas cortas, pero en los exudados animales aparece en cadenas largas. Es un organismo gram positivo que produce una toxina cuya fracción letal se conoce como toxina alfa cuya acción es hemolítica.

### Habitat natural y modo de infección

El Clostridium septicum se encuentra en todos los suelos fértiles, así como en el tubo intestinal de los herbívoros. Como en el caso del Cl. chauvoei no se sabe si se multiplica en el suelo o si sólo permanece en forma de esporas, formadas por los microorganismos expulsados con las heces.

En la mayoría de los casos las infecciones se producen a través de heridas o escoriaciones de la piel, aunque no todos los casos se pueden atribuir a este mecanismo; se cree que la vía de infección principal es el aparato digestivo.

### Síntomas.

En un punto cualquiera del cuerpo, preferentemente en torno a una herida, y en ocasiones 15 a 24 horas después de la infección se forma en los músculos y en el tejido conjuntivo limítrofe un tumor edematoso, no completamente circunscrito a una zona, que al principio es tenso, caliente y muy doloroso y más tarde frío, flácido y poco sensible, pudiendo ser del todo insensible en el centro; en los casos avanzados el tumor es crepitante al tacto. La tumefacción se suele desarrollar en puntos en los cuales debajo de la piel existe mucho tejido conjuntivo laxo; a veces puede invadir todo un costado y extenderse hacia el cuello o hacia las extremidades posteriores dificultando los movimientos del animal. Al incidir las áreas inflamadas fluye un líquido amarillo rojizo, rojizo moreno o amarillo ámbar, de consistencia serosa y a veces de olor rancio cuando está mezclado con burbujas de gas y pútrido si coexisten infecciones mixtas con agentes de la putrefacción.

Quando la infección es en las vías genitales, la primera manifestación morbosa aparece generalmente de dos a cinco días después del parto o del aborto. Los labios de la vulva se hinchan; la mucosa vaginal se torna roja y a veces se encuentra necrosada superficialmente, segrega un producto espeso, rojo sucio, generalmente de olor fétido. Pronto aparece un edema que al principio es doloroso y luego indoloro que invade la región perineal y el vientre (edema puerperal maligno o edema obstétrico maligno). Al mismo tiempo hay fiebre alta, infarto de los ganglios linfáticos de la babilla y de las glándulas mamarias.

Otros síntomas asociados son los trastornos respiratorios, taquicardia y pulso débil. Al comienzo de la infección hay temperatura alta descendiendo posteriormente a límites normales o inclusive inferiores cuando el animal está cerca de la muerte; también se produce diarrea con expulsión de materias líquidas y fétidas.

La mortalidad causada por esta enfermedad es sumamente alta y los animales afectados solo sobreviven por períodos de 12 a 36 horas; muy pocos animales se curan.

Diagnóstico. Este se realiza con base en la sintomatología y en el examen microscópico de muestras tomadas directamente de las tumefacciones o heridas.

Tratamiento. Dado el curso violento de la enfermedad, existen pocas probabilidades de éxito en un tratamiento. El sulfatiazol aplicado localmente puede ayudar en alto grado a la recuperación de los animales; se recomiendan además antibióticos de amplio espectro como el Cloramfenicol, así como el drenaje de las tumefacciones y su desinfección con oxidantes.

Profilaxis. Las medidas profilácticas consisten en la desinfección y cuidados de las heridas así como la vacunación regular en aquellas áreas donde se prevean casos numerosos de la enfermedad.

#### BIBLIOGRAFIA

1. BLOOD, D. C. y HENDERSON, J. A. Medicina Veterinaria. 3a. ed. Editorial Interamericana, S.A. México, D.F., 1968. 923 p.
2. BRUNER, D. W. y GILLESPIE, J. H. Enfermedades infecciosas de los animales domésticos. 3a ed. en español. Editorial Fournier, S.A. México. Centro Regional de Ayuda Técnica, AID. 1970.
3. HUTYRA, F., MAREK, J. y MANNIGER, R. Patología y terapéutica especiales de los animales domésticos. 3a ed., Tomos I y II. Editorial Labor, Madrid, España, 1973. 1.800 p.

4. JEFFERSON DOS SANTOS, A. Patología genal dos animais domésticos. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, OEA. Editorial IICA. Serie Livros e materiais Educativos N°23. Río de Janeiro. Brazil, 1974.
5. MERCHANT, I.A. y PACKER, R. A. Bacteriología y virología veterinarias. 3a ed. Editorial Acribia, España, 1972.
6. MUSSMAN, H.C. y RAVE, G. Patología clínica veterinaria, Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. Bogotá, Colombia, 1978.
7. NATZKE. R.P. et al. Mastitis Control Program: Effecton on Milk Production. Journal Doivy Science. Vol. 55 N°9. pág. 1256.
8. SMITH, H.A. y JONES, T.C. Patología veterinaria. 2a. ed. UTEHA. México, 1962.

EVALUACION ECONOMICA DE LA PRODUCCION ANIMAL  
CONCEPTOS Y ALGUNAS APLICACIONES

Marcelino Avila

## **SISTEMAS DE PRODUCCION BOVINA; CON ENFASIS EN LECHE**

### **EVALUACION ECONOMICA DE LA PRODUCCION ANIMAL: CONCEPTOS Y ALGUNAS APLICACIONES**

Marcelino Avila\*

#### **I. INTRODUCCION**

Todo esfuerzo de investigación o de desarrollo en el sector agropecuario tiene como objetivo el aumentar la eficiencia y productividad de los recursos utilizados en el proceso de producción, ya sea a nivel de finca o de todo el sector. Por consecuencia, existe la necesidad de evaluar los resultados de los sistemas de producción reales y mejorados en una forma que permita conocer tanto los productos obtenidos y los sacrificios realizados, como las implicaciones que tiene cualquier modificación o cambio de estos sistemas. La consideración de los aspectos económicos conjuntamente con los físicos y biológicos encierra un círculo donde los factores de precios, clima, tecnología y otros interactúan para determinar el comportamiento de los mismos.

En este sentido, el presente documento, el cual se dirige a técnicos de las ciencias biológicas con conocimientos, supuestamente, limitados de la evaluación económica, tiene los siguientes objetivos:

---

\* Economista Agrícola, Proyecto CATIE-BID.

1. Proveer una orientación de la evaluación en general.
2. Presentar las bases conceptuales de la evaluación económica.
3. Demostrar la aplicación de algunas herramientas de análisis económico.
4. Presentar un esquema lógico para la identificación de las causas de problemas en la producción animal.

La realización de estos objetivos dará una idea de cómo enfocar la evaluación de una unidad de producción animal, escoger herramientas idóneas para la decisión a tomar y usar los resultados para mejorar la situación actual, todo con el fin de sacar máximo provecho a la labor de evaluación.

## II. CONSIDERACIONES GENERALES DE LA EVALUACION DE UNA UNIDAD DE PRODUCCION

Uno de los aspectos claves de la evaluación es que se establezca claramente su utilidad. Una forma de lograr esto es que la evaluación halle respuesta a preguntas prácticas de aquél que desea tomar decisiones, o sea; que se busque el uso inmediato y directo de los resultados para mejorar una situación determinada, porque de lo contrario, el esfuerzo será únicamente una actividad más sin ningún beneficio.

Otro aspecto tiene que ver con el tipo o el estado de desarrollo de la unidad de producción bajo análisis. Una idea de los diferentes estados se da por la siguiente gradiente, en un extremo la finca experimental, y en otro extremo la finca funcional:

Finca piloto:	aquella unidad que se desenvuelve con base en experiencias de prueba y error.
Finca modelo:	el funcionamiento de ésta ocurre bajo condiciones controladas para evaluar su eficiencia.

- Finca Prototipo: la unidad se pone a prueba bajo todas las condiciones reales de un ambiente técnico y socio-económico.
- Finca Funcional: la unidad es estable y viable, operando con pequeños ajustes requeridos por la naturaleza dinámica de los factores endógenos y exógenos a la unidad.

En este sentido el estado de la unidad predetermina los resultados a obtener de la evaluación.

En general el objetivo de la evaluación es de medir los impactos de una actividad, ex ante o ex post. Lo anterior se denomina evaluación normativa, ya que se realiza con el fin de formular y desarrollar, antes de ejecutar, las actividades de la unidad de producción. La otra es la evaluación positiva porque trata de medir el impacto obtenido o la congruencia entre los objetivos establecidos y los logros obtenidos de la unidad de producción, por supuesto, después de la ejecución del proceso de producción.

Dentro del planteamiento tradicional de la evaluación se especifican los siguientes pasos básicos:

- conocer los objetivos y metas de que toma decisiones,
- traducir éstos a indicadores (patrones) que puedan medir el grado de éxito,
- recopilar información sobre los indicadores, y
- comparar los resultados obtenidos con los de otras unidades o grupos de unidades.

Sin embargo, dentro de este esquema no se le da importancia explícita al uso fructífero de lo obtenido. Por consecuencia, se requiere una definición

apta de evaluación para que ésta sea efectiva.

Pero antes de definirla, algunas suposiciones se consideran necesarias:

1. La evaluación es un proceso de recopilación de información.
2. La información recopilada se utiliza para estudiar vías alternativas de acción.
3. Los resultados se presentan al que toma decisiones de forma que pueda hacer buen uso de ellos. Aquí el objetivo es ayudar y no confundir al usuario.
4. Diferentes tipos de decisión requieren de diferentes enfoques y procedimientos de evaluación.

Si éstas se consideran realistas y apropiadas, entonces la evaluación efectiva podría definirse como:

El proceso de identificar áreas de decisión de interés, escogiendo información apropiada y recopilando y analizándola para reportar resultados en forma útil a aquél (los) que toma (n) decisiones entre las diferentes alternativas.

Para facilitar dicho proceso una teoría de evaluación debe comprender los componentes que a continuación se describen:

1. Un marco conceptual para identificar temas/áreas y problemas para la evaluación.
2. Estrategias de evaluación: tipo de información, métodos de análisis, nexo entre generación y utilización de resultados, entre otras cosas.
3. Sistemas de generalización sobre el uso de los varios procedimientos/herramientas y su adecuación a cada tema/área del marco conceptual.

En este sentido, el método o herramienta de análisis que se aplique, depende de la naturaleza del problema bajo estudio, y la decisión que se desee tomar.

### III. BASES CONCEPTUALES DE LA EVALUACION ECONOMICA

#### 1. El Sistema de Producción Animal

Igualmente que la evaluación estadística, la economía busca la interpretación del proceso de producción para analizar en forma integral la factibilidad de ser llevada a completa realización. Como se exhibe en la Figura 1, el sistema\* de producción animal es condicionado por los factores endógenos o aquellos bajo el control del productor, como son: biológicos (vegetación, insectos, enfermedades, etc), económicos (la cantidad y calidad de tierra, mano de obra, capital y capacidad administrativa), y socio/sicológicos (humores, actitudes, valores, objetivos, etc) relacionados con la familia. Por otro lado, los factores exógenos también inciden significativamente sobre el sistema; ejemplos de éstos son el clima (pluviosidad, temperatura, etc), y los factores políticos (legislación relacionada con uso y distribución de la tierra, investigación, asistencia técnica y otros), sociales (educación, religión, esfuerzos de organización de productores) y económicos (oportunidades de mercadeo de productos, alternativas de empleo, crédito, etc). Dependiendo del ambiente específico a cada región en un momento dado, el grado de incidencia de un determinado factor o un conjunto de factores sobre el sistema de producción difiere, por lo que no se puede hablar de un factor determinante

---

\* Se usa el término "sistema" para dar énfasis al enfoque holístico sobre la unidad y su ambiente técnico y socio-económico.

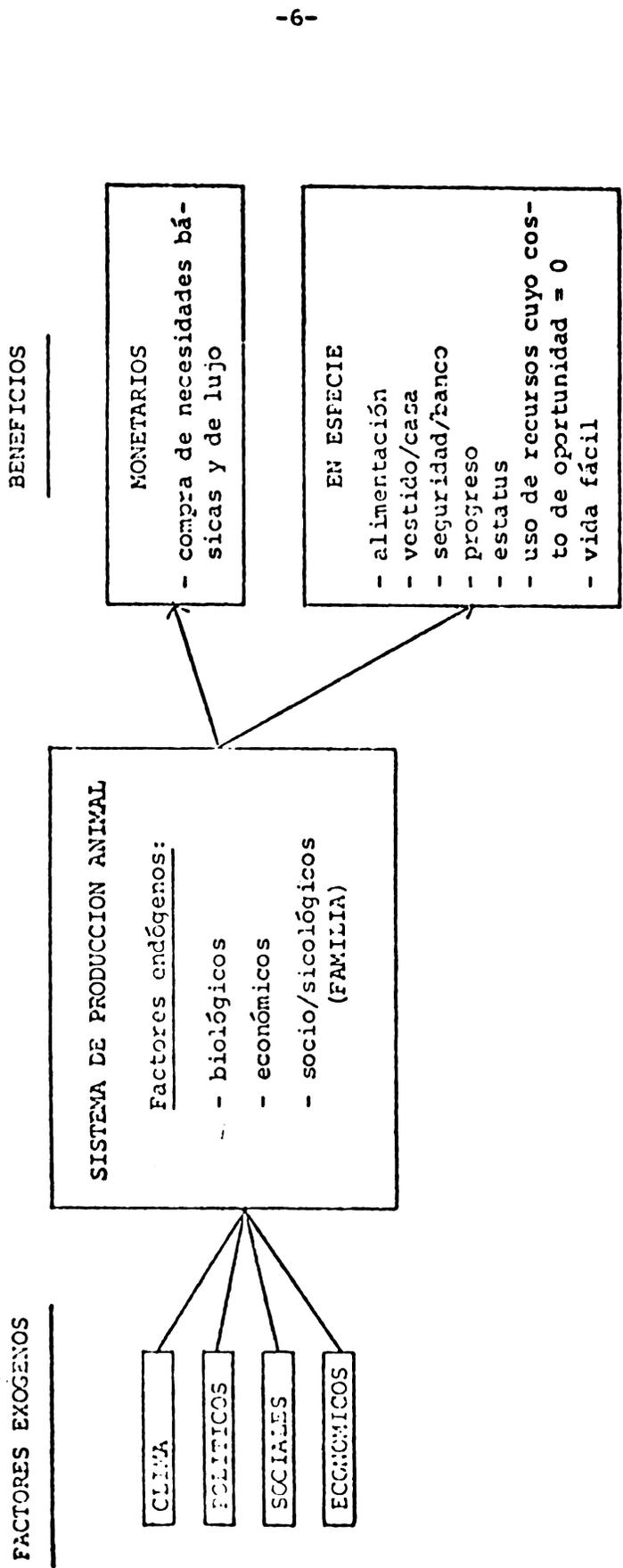


Figura 1.-MARCO CONCEPTUAL DE LOS FACTORES DETERMINANTES Y BENEFICIOS OBTENIDOS DEL SISTEMA DE PRODUCCION ANIMAL

de la producción por un período muy prolongado y mucho menos en toda la región.

Los beneficios que el productor y su familia obtienen de la producción animal, pueden ser monetarios y/o en especie. Obviamente, los beneficios monetarios dependen de la proporción de la producción comercializada en comparación con la proporción de los factores de producción comparados. A medida que el productor disminuya su participación en el mercado, los beneficios en especie asumen mayor importancia. Como ejemplos de estos beneficios se hace referencia a la alimentación (leche y carne), vestido y casa (cueros y lana), seguridad o banco (inversión que el productor ve y dispone para cualquier eventualidad o emergencia); los animales también representan progreso (requieren más capital fijo, capacidad administrativa y permanencia en la finca durante el año), estatus, el uso de recursos que de lo contrario se desperdiciarían, y una forma más fácil de ganarse la vida (Excepción: la lechería que es esclavizante, pero a su vez tiene un flujo de dinero continuo. En resumen, los animales juegan un papel importante tanto en la subsistencia y la inversión como en el sistema social y en la minimización de riesgos en el tiempo, y por tanto los beneficios que se obtienen dependen de las condiciones técnicas, económicas y humanas que caracterizan cada lugar.

Aparte de los factores y productos del sistema de producción animal, otro componente de gran importancia es la tecnología, dado que la eficiencia física del proceso de producción depende totalmente del nivel de tecnología utilizado. Ahora la palabra "tecnología" es ampliamente citada en el léxico de expertos de la investigación y desarrollo, pero a veces no está claro lo que se quiere decir. Quizás lo siguiente ayude a clarificar algunos conceptos

relacionados con tecnología:

- Técnica:** un proceso que involucra aspectos relacionados con una práctica específica de producción.
- Ejemplos:** Preparación del suelo, forma de siembra, ordeño, amamantamiento del ternero, ensilaje, heno y otros.
- Paquete Técnico:** una combinación de técnicas para producir un producto.
- Ejemplos:** Producción de forrajes, sistema de alimentación con base en granos, en forrajes, o ambos, y otros.
- Paquete Tecnológico:** un conjunto particular de paquetes técnicos necesarios para producir un producto de manera viable dentro de un ambiente económico; incluye paquete técnico, además del suministro de insumos y de servicios necesarios para operarlo.
- Sistema Tecnológico:** todas las combinaciones de factores que permiten la continuidad de la producción en una manera fortalecida por la sociedad. Como ejemplo, esto quiere decir que la estructura

de mercado y las condiciones legales, sociales y económicas permiten la producción de leche, en una misma región y al mismo tiempo, con una tecnología tradicional, intermedia y avanzada. Los tres niveles son viables desde el punto de vista del productor y de la comunidad.

Esta jerarquía explica por qué productores en muchos casos conocen varias técnicas que no practican en sus fincas. En este sentido no se puede hablar de tecnología apropiada sin relacionarla con un ambiente específico.

## 2. Conceptos claves de la evaluación económica

Para realizar la evaluación económica se parte necesariamente de una especificación del patrón de escogencia. Para que un patrón sea económico, tiene que poderse cuantificar y que sea denominador común. Por ejemplo, se listan estos: ingreso total o neto (teoría neoclásica), valor proteico o energético y producción física de biomasa total o comestible (teoría económica de subsistencia), valor laboral (teoría marxista), divisas y otros. Pero también se puede incluir la consideración de patrones no realmente cuantificables y entonces resulta una situación lexicográfica como la siguiente: de una serie de alternativas, maximizar el valor energético sujeto a un nivel mínimo de daño al recurso suelo.

¿Cuál patrón debe aplicarse? Esto depende de quién es el usuario o beneficiario. Ninguna evaluación es totalmente objetiva pues se realiza desde el punto de vista, ya sea, del individual (productor, comerciante o consumidor)

o de la sociedad (región, país o todo el mundo). Y a veces lo que desea el individual no coincide con lo que desea la sociedad o el gobierno (suposición: gobierno busca el bienestar común, por tanto representa la sociedad). Por supuesto, en una buena evaluación se analizan los impactos de diferentes puntos de vista. Hoy día existe gran énfasis sobre la idea de que los esfuerzos de investigación y de desarrollo busquen mayores beneficios para aquellos estratos de productores desfavorecidos en el pasado, por lo que amerita que se le dé mayor consideración a la distribución de los impactos, especialmente a favor de estos estratos inferiores.

Otro aspecto clave de la evaluación es el factor tiempo. Dependiendo de la empresa específica bajo análisis -leche, carne, etc.- debe tomarse en cuenta: 1) el período a comprender en la evaluación (6 meses, 1 año, 5 años u otros plazos), 2) la necesidad de dar seguimiento a las actividades en el transcurso del tiempo (analizar los flujos de recursos y productos) y 3) la naturaleza estocástica de casi todas las variables determinantes (existe una probabilidad para cada nivel de lluvia, precios, rendimientos, etc.). En realidad, el productor toma decisiones, no con base en resultados de evaluaciones estáticas, porque éstas no usualmente las hace, sino que sobre la marcha de las actividades y a medida que fluctúan las variables determinantes. Por esta razón, es necesario realizar la evaluación dentro del contexto del factor tiempo.

#### IV. EVALUACION ECONOMICA DE SISTEMAS DE PRODUCCION DE COSTA RICA

Las técnicas aplicadas en la producción animal se determinan por la

naturaleza de los propietarios y de los recursos incluyendo su valor en el mercado, igual que por las condiciones agroclimáticas, sociales y legales que rodean el ambiente. Por esta razón es imprescindible evaluar los sistemas de producción como paso fundamental para desarrollar tecnologías apropiadas que aumente su productividad.

A continuación se presentan algunos resultados de diagnóstico estático de 230 fincas en 4 cantones de Costa Rica: Pérez Zeledón, Turrialba, San Carlos y Pococí-Guácimo. Estos fueron escogidos por consideraciones ecológicas y uso de la tierra. Aunque se realizó análisis por cantón, aquí se presenta un resumen de la evaluación económica de todo el universo estudiado (fincas con menos de 50 ha. ó 25 cabezas bovinas), según sistemas de finca y sistema de producción de leche.

Se aplicaron los criterios basados en ingreso total para comparar los sistemas, pues no se recopiló información de costos que permitiera la especificación del ingreso neto.

En el Cuadro 1 se presenta para los sistemas, respectivamente, los niveles de producción, la importancia del componente bovino, el grado de subsistencia y la retribución a los factores principales de producción\*. Según estos resultados, los sistemas mixtos predominan (74 por ciento del universo) y ellos con cultivos perennes, principalmente café, son los más eficientes. Sin embargo, la importancia del componente bovino en los sistemas con cultivos perennes disminuye.

---

\* Ver adelante el concepto de costo de oportunidad para conocer el uso de estos resultados.

Cuadro 1. Algunos índices de eficiencia económica según sistema de finca en 230 pequeñas fincas de Costa Rica, 1977.

Índice	Ganadería sola	Ganadería + Cultivos Anuales	Ganadería + Cultivos Perennes	Ganadería + Anuales + Perennes
Fincas, %	26	13	35	26
Producción total, US\$	2184	1984	6691	5451
Producción bovina, US\$	2179(100)*	1222(62)	1794(27)	713(13)
Comercialización, %	59	55	88	82
Ingreso bruto por, US\$				
hectárea	136	100	432	345
jornal	3.62	2.57	7.72	5.15
dólar invertido	0.24	0.28	0.77	0.91

\* En paréntesis, por ciento.

En el Cuadro 2 se identifican los sistemas de producción de leche donde predomina el doble propósito\*. También se presenta la importancia de la leche y de la carne en cuanto a la proporción de ingreso total de la finca que éstos generan, el grado de subsistencia del producto bovino y la retribución a los factores. Según este análisis, los sistemas de lechería especializada de mayores retornos exceptuando aquel al dolar invertido. Esto es de esperarse debido a la alta inversión característica del sistema especializado.

Nuevamente, en el presente análisis basado en el criterio de ingreso total se discriminan los sistemas pero en forma grossa, el cual sugiere un análisis más preciso, o sea, uno donde se ponderen estos resultados con los costos de producción incurridos.

## V. EVALUACION ECONOMICA DE UNA PEQUEÑA

### FINCA LECHERA

En general, existe más de una combinación de técnicas para alimentar vacas y producir leche. La eficiencia económica en términos de la maximización de beneficios como la minimización de costos depende de la ubicación (esto define aspectos biológicos y físicos), la escala de la operación con su grado respectivo de intensidad en el uso de algún factor (tierra, mano de obra, capital o capacidad administrativa) y la estrategia de integración vertical (grado de control del canal productor-consumidor: ejemplo, vaca-leche-queso).

A continuación se presenta la aplicación de algunas herramientas de

---

\* El sistema en el cual se ordeña la vaca con el apoyo del ternero.

Cuadro 2. IDENTIFICACION Y ANALISIS DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCION DE LECHE  
EN COSTA RICA: FRECUENCIA Y ALGUNOS INDICES DE EFICIENCIA ECONOMICA

CRITERIO	DOBLE PROPOSITO	LECHERIA ESPECIALIZADA
Frecuencia: número	192	35
Por Ciento de la muestra	84	15
Ingreso Total de la finca, \$C.A.	4519	5810
derivado de leche \$C.A.	1040	3625
derivado de carne bovina \$C.A.	159	19
Comercialización de producto bovino, por ciento	67	68
Ingreso Total por, \$C.A. hectárea de pasto	126	402
jornal	5.38	7.68
dolar invertido	0.62	0.51

evaluación estática y dinámica a un sistema de finca que fue estudiado a través de visitas semanales durante el período, abril 1978 a marzo 1979. Se escogió este por ser representativo del sistema de lechería especializada.

En el Cuadro 3 se describe su ubicación de acuerdo a las divisiones administrativas territoriales y los recursos ecológicos y económicos que caracterizan la finca, al inicio del estudio. Aunque el capital invertido en construcciones, maquinarias, herramientas y animales asciende a un total de \$C.A.\* 12,089.94, se ha denominado "pequeña" esta finca por su extensión de 9,1 ha, porque, comparada con el tamaño promedio (38,3 ha) de fincas de Costa Rica, es poca. Sin embargo, se reconoce que el mejor criterio para definir "pequeño" es el de viabilidad económica, o sea, los beneficios netos recibidos por el productor y no extensión de tierra. Claramente la capacidad productiva de la tierra depende de las actividades desarrolladas sobre ella y su combinación con los otros factores de producción.

En cuanto a los aspectos de manejo, el Cuadro 4 exhibe la información de manejo del animal y de técnicas de ordeño, sanidad, pastos y suplementación. Además, se demuestra el cambio de inventario que ocurrió durante el transcurso del año por concepto de nacimiento, muerte, venta o consumo y compra; aumentó el valor del inventario animal en \$C.A.4,252.42. Del Cuadro 3 cabe resaltar que el productor de 33 años, maneja su hato de raza Jersey x Guernsey en tres divisiones: vacas paridas, vacas secas y jóvenes; abona los pastos de especies Estrella Africana (Cynodon nlemfuensis), Guinea rastrera (Panicum maximum), y San Juan (Setaria sphacelata) con fertilizante nitrogenado y de

---

\* \$C.A. = \$U.S.

CUADRO -UBICACION Y RECURSOS DE UNA PEQUEÑA FINCA GANADERA: 1979

Región : Turrialba  
 Distrito : Santa Cruz Pastos, ha : Natural 2,8 - Mejorado 6,3 - Corte  
 Comunidad : El Carmen Valor, \$C.A. : Constr. 1768,15 - Maq. y equipo 1808,93 - Herram. 42,74  
 Altitud : 1400 m.s.n.m.  
 Suelo : Def. de P, Ca, Mg, K  
 Tipo de Clima : Alto-Húmedo Vacuno  
 Precipitación Anual : 2700 m.m  
 Temperatura : 21,1 °C

Machos		Hembras		Total
: Año	<1 1-3 >3	<1 1-3 >3		
: Número	5	3	14	22
: Valor	73,18	70,26	8196,72	8340,16

Bestias		Cerdos	Aves	Total
Otros Animales :	Número	2	28	
	Valor	64,4	65,57	129,97

Cuadro 4 .-ASPECTOS DE MANEJO

Tipo de Hato : Raza Especializada Leche - No. div. de hato 3 - Ordeña 2 veces/día  
 Ordeña sin Apoyo Ternero

Pastos : No. Divisiones 76 - Días Descanso 30 - Fertiliza N-Form. Compl. 1-2/año

Salud, veces/año : Vacuna 1/año - Desparasita ~12 - Pruebas Adm. Tipo, Frec., Mastitis y Brucelosis

	Categ. Animales	Epoca	Cant./anim.
Suplementación	Todos	Ocasional	Variable
	Vacas Recién Paridas	Variable	3 kg/día
	Vacas	Todo el Año	3 kg/día
	Vacas en Producción	Todo el Año	Agua de Miel

Inventario	Nacidos	Muerte	Venta/Consumo	Compra	Cambio				
Tipo	No.	Valor	No.	Valor	No.	Valor			
	11	103,05	1	596,93	26*	6124,7	16	9801	+4252,42

\*Regaló 3 terneros.

fórmula completa de una a dos veces por año. Suministra sal común y minerales, concentrados y melaza en la forma indicada.

Con base en toda la información de recursos y manejo, ya se pueden comprender e interpretar los resultados económicos.

#### 1. Análisis beneficio-costo: corto plazo

El análisis beneficio-costo es sencillamente un método de comparar, durante un período determinado, todos los beneficios obtenidos con todos los costos incurridos por el productor al mantener el proceso de producción en operación. Si el período de interés es un año o menos, normalmente no se considera significativo el valor del dinero en el tiempo y por tanto no se aplica la técnica de actualización; para períodos mayores de un año, se actualiza todo beneficio y costo al presente.

Los tres grandes rubros del Cuadro 5 se explican a continuación. El valor de la producción incluye lo vendido, consumido, regalado, etc., y también el cambio de inventario como consecuencia de producción (Ejemplo: nacimiento y ganancia de peso). En este caso la producción incluye queso, carne bovina y cerdos ya que éstos se alimentan principalmente con el suero de queso.

Los costos variables son aquéllos que varían con el nivel de producción durante el período comprendido en el análisis, como los costos de insumos comerciales, mano de obra y otros. Los costos fijos son aquéllos que incurre el productor independientemente de los niveles de producción alcanzados. Esto necesariamente tiene sentido a corto plazo porque en un plazo suficientemente largo, el productor puede variar cualquier factor, y ello quiere decir que todo costo es variable. Por esta razón, el corto plazo de la teoría económica,

Cuadro 5.-ANALISIS BENEFICIO-COSTO DE UNA PEQUEÑA FINCA GANADERA, Abril 1978-Marzo 1979

	Cantidad	Valor, \$C.A.	Total
<b>VALOR DE LA PRODUCCION (VP)</b>			
Queso	6.745 kg	13.460	
Cambio de Inventario en la Finca	400 kg	280	
Venta		808	
Cerdos	6 cab.	580	
			15.128
<b>COSTOS VARIABLES (CV)</b>			
Alimentos: Concentrados	10.140 kg	1.663	
Melaza	2.100 kg	84	
Sales Minerales	375 kg	61	
Sanidad		239	
Fertilizantes (N. y Fórmula completa)	3.046 kg	768	
Herbicidas	5 galones	57	
Mano de Obra: Familiar	439 jornales	2.054	
Contratada	223 jornales	836	
Otros: Pastillas de cuajo	38 tubos	103	
Misceláneos		48	
Cerdos (mano de obra, concentrados)		171	
			6.084
<b>COSTOS FIJOS (CF)</b>			
Renta Tierra		600	
Interés sobre Inversión (10%)		1.200	
Depreciación		587	
Otros: Tubos, alambres, etc.		259	
Cerdos		47	
			2.701
<b>EFICIENCIA ECONOMICA:</b>			
Ingreso Neto (IN)	= \$6,343	IN/CT = 72%	
Ingreso Familiar en Efectivo	= \$9,532	IN/ha = \$235,49	
IN/Jornal	= \$ 6,70	IN/Inversión =	
		22,5%	

se define como un período durante el cual el nivel de algún factor o de varios factores, no puede ser alterado por el productor.

Dentro de la teoría de costos el concepto de costo de oportunidad es importante. Aunque el productor no tenga que pagar en efectivo por el uso de un factor en el proceso de producción, todo factor debe remunerarse a un nivel acorde con su capacidad productiva. Generalmente se estima esta capacidad según lo que pueda ganar ese factor en su mejor uso alternativo. Por esta razón, en el caso presentado se estima que la mano de obra familiar podría valer por lo menos un jornal de \$4.68 ( $2,054 \div 439$ ), el uso de su tierra \$65.93 ( $600 \div 9.1$ ) si lo diera alquilado para el pastoreo de animales ajenos, y su inversión \$1,208 anualmente se vendiera esa inversión y depositara el capital en el banco a una tasa de interés de 10 por ciento anualmente. Estos costos son reales aún no teniendo él que pagarlos en efectivo.

El otro concepto de costos es el de depreciación. Este es un procedimiento de asignar el valor utilizado de objetos durables durante cada año de su vida útil; a causa de su uso en el proceso de producción, se hace una estimación de la deteriorización de su valor. A continuación se presentan tres modelos alternativos con los ejemplos respectivos de cálculo:

MODELO LINEAL:

$$D_L = \frac{\text{Valor Inicial} - \text{Valor de Rescate}}{\text{Años de Vida Util}}$$

$$\text{Año 1 } D_L = \frac{1000 - 100}{10} = 90$$

$$\text{Año 2 } D_L = \frac{1000 - 100}{10} = 90$$

$$\text{Año 3 } D_L = \frac{1000 - 100}{10} = 90$$

**MODELO BALANCE DECRECIENTE:**

$$D_{BD} = \text{Valor No Depreciado} \times \text{Tasa de Depreciación}$$

$$\text{Año 1} \quad D_{BD} = 1000 \times \frac{20}{100} = 200$$

$$\text{Año 2} \quad D_{BD} = (1000 - 200) \times \frac{20}{100} = 160$$

$$\text{Año 3} \quad D_{BD} = (1000 - 360) \times \frac{20}{100} = 128$$

**MODELO SUMA DE AÑOS DIGITOS:**

$$D_{SAD} = \frac{\text{Años de Vida Restante}}{\text{Suma de Número de Años}} \times (\text{Valor Inicial} - \text{Valor de Rescate})$$

$$\text{Año 1} \quad D_{SAD} = \frac{10}{55} (1000 - 100) = 163,64$$

$$\text{Año 2} \quad D_{SAD} = \frac{9}{55} (1000 - 100) = 147,27$$

$$\text{Año 3} \quad D_{SAD} = 8 (1000 - 100) = 130,91$$

El propósito de dar los ejemplos de cálculo es de demostrar la proporción del valor inicial depreciada anualmente con cada modelo. Es decir, dependiendo de la naturaleza de cada objeto, particularmente los costos progresivos de mantenimiento a medida que envejezca, se elige el modelo apropiado.

Revisando los costos del caso presentado, los ítems de mano de obra y alimentación más pastos cuentan por 76 por ciento y 53 por ciento de los costos variables y totales, respectivamente. Esto tiene implicaciones obvias para una estrategia de reducción de costos siempre y cuando no afecte la producción negativamente. Otro dato importante son los bajos costos fijos, debido principalmente a que la inversión animal representa aproximadamente el

69 por ciento de toda la inversión excluyendo la tierra. Normalmente se piensa que la ganadería de leche implica grandes inversiones en construcciones y equipos, pero el productor de esta finca ha minimizado éstas, por lo que las actividades le rinden buenos resultados como explica posteriormente.

En cuanto a los indicadores de la eficiencia económica se presentan los siguientes (ver Cuadro 5):

$$IN = VP - CT, \text{ donde } CT = CV + CF$$

Como ya se remuneraron todos los factores de producción exceptuando la administración, el IN es considerado como el retorno a este factor.

El factor administración se define como la labor de planificar y organizar las actividades en el tiempo y en el espacio.

Ingreso Familiar en Efectivo - VP Vendida - Costos Totales en Efectivo

Para algunos productores, especialmente aquéllos que tienden a comparar pocos insumos comerciales o a no considerar el costo de oportunidad como un costo de producción, éste tiene más relevancia que el IN donde descuentan todos los costos reales.

$$IN/\text{Factor X} = \frac{VP - CT + \text{Costo del Factor X}}{\text{Cantidad del Factor X Utilizada}}$$

Estos indicadores son medidas de rentabilidad que usualmente se calculan para el factor capital fijo o inversión, porque supuestamente éste es el factor determinante. Pero igualmente se puede calcular para los factores tierra y mano de obra. Para el cálculo de éstos, se estima el costo de oportunidad del factor administración en \$4,800 por año.

La Relación IN/CT no tiene una interpretación clara dentro de la teoría económica (algún significado que los indicadores no aporten), pero a menudo se utiliza para hacer comparaciones operacionales y financieras.

La utilidad de los indicadores de eficiencia económica es que sirven para identificar el factor más limitante de la producción. Tomando como punto de referencia el costo de oportunidad de cada factor en la región de Turrialba:

Tierra	:	\$65.93/ha como costo de alquiler
Mano de obra	:	\$5.00/jornal como sueldo diario
Capital	:	10% anualmente
Administración	:	\$4,800 anualmente;

el uso adicional de todos los factores podría aportar más beneficios netos (IN/factor de la producción es mayor que su costo de oportunidad). Si fuera necesario especificar el más limitante, la tierra sería el mejor candidato porque una hectárea rendiría 3,6 veces su costo (235.49/65.43). Pero para analizar la factibilidad de introducir más tierra al sistema de producción, hay que ver la situación dentro del contexto global de la unidad.

La evaluación que se ha realizado hasta el momento es estática, pero como se mencionó anteriormente, el productor toma decisiones muchas veces con base en el factor tiempo. En este sentido, amerita evaluar el uso de recursos en el tiempo.

## 2. Flujo de recursos: mano de obra y capital

El Cuadro 6 presenta la demanda de la mano de obra según actividad. La

Cuadro 6 .-USO DE LA MANO DE OBRA

	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.
USO DE MANO DE OBRA, D.H.												
Pastos	15,75	5,4	109	38,2	88,05	6	7,4	12,2	8,4	--	3	7,5
Cercas	4,2	2,8	--	--	0,3	6,5	3,5	--	--	--	2,9	2,8
Ordenc/Recol.	18	17,5	18	18	17,5	18	17,5	18	18	16,3	18	17,5
Prep. Mercado	7,7	7,5	7,7	7,7	7,5	7,7	7,5	7,7	7,7	7	7,7	7,5
Otros	--	2	--	10,3	4,6	--	--	1	8,1	7,5	1,2	--
<b>TOTAL</b>	<b>45,65</b>	<b>35,2</b>	<b>134,7</b>	<b>74,2</b>	<b>113,35</b>	<b>42,8</b>	<b>35,9</b>	<b>38,9</b>	<b>42,2</b>	<b>30,8</b>	<b>32,8</b>	<b>35,3</b>

idea es de comparar la utilización con la disponibilidad de aproximadamente 45 días hombre (DH) mensuales. Con la excepción de los meses julio, agosto y setiembre, cuando realizó actividades extraordinarias para las cuales tuvo que contratar mano de obra, obtuvo un nivel de uso bastante estable durante el resto del año. Esto es importante porque conlleva a la mejor utilización del recurso, dado que la inestabilidad de la demanda laboral causada por el proceso biológico que coincide con lluvias, presenta serios problemas a la agricultura, asunto que la industria maneja mucho más eficientemente.

Otro aspecto es el como se acomodan las entradas y salidas del sistema en el tiempo. Interesantemente el análisis beneficio-costó demostró resultados significativamente favorables, pero el flujo de caja demuestra un déficit, más salidas que entradas, durante siete meses del año, alcanzando un alto de \$4,084 en el mes de setiembre y un total de \$2,159 para todo el año (ver Cuadro 7); también se puede ver el origen del problema. Con relación a las entradas, fueron grandes de la ganadería cuando vendió algunos animales, y de otros cuando vendió cerdos y una motocicleta vieja. En cuanto a salidas, compró animales en setiembre y enero, se le enfermó la familia en setiembre e hizo algunas inversiones como compra de un pick-up pequeño modelo 1979. También el Cuadro 5 da la variabilidad, hasta un 50 por ciento de diferencia entre \$1.6 en abril y \$2.4 por kg en diciembre, del precio del queso para demostrar que la fluctuación de las entradas de ganadería no se debe exclusivamente al precio del queso.

El flujo de mano de obra y capital, dos recursos claves de la producción, durante el año es extremadamente valioso para planificar cambios y tomar decisiones para actividades futuras, ya que la factibilidad de llevar a cabo estos

CUADRO 7.-FLUJO DE CAJA Y VARIABILIDAD DEL PRECIO DE QUESO: Abril 1978 - Marzo 1979

	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Tot.
Entradas: Ganadería	172	5193	501	1118	589	1705	1191	1915	1397	1169	2062	1373	
(S.C.A.) Otros	--	304	410	--	--	--	--	--	--	--	1639	--	
<b>Total</b>	<b>172</b>	<b>5502</b>	<b>911</b>	<b>1118</b>	<b>589</b>	<b>1705</b>	<b>1191</b>	<b>1915</b>	<b>1397</b>	<b>1169</b>	<b>3701</b>	<b>1373</b>	<b>207-</b>
Salidas: Ganadería	1316	1480	1455	451	929	5302	695	870	231	2178	229	539	
Familia	92	92	92	92	92	385	92	92	92	92	92	92	
Otros	386	657	42	95	42	42	546	76	663	249	196	2775	
<b>Total</b>	<b>1794</b>	<b>2229</b>	<b>1589</b>	<b>638</b>	<b>1063</b>	<b>5789</b>	<b>1334</b>	<b>1038</b>	<b>986</b>	<b>2519</b>	<b>517</b>	<b>3406</b>	<b>2290</b>
Neto (Ent.-Salidas)	-1622	3273	-678	480	-474	-4084	143	877	411	-1350	3184	-2033	2290
Precio de Queso*	1,6	1,87	1,7	1,8	1,9	2,0	2,0	2,0	2,4	2,0	2,0	2,1	

\*S.C.A./kg, fijado por el comprador.

cambios dependerá del uso y disponibilidad de estos factores.

### 3. Análisis beneficio-costo: largo plazo

A continuación se presenta la aplicación de herramientas económicas para evaluar alternativas que involucran períodos de 10 a 12 años. Aquí también se hace uso de los resultados anteriormente obtenidos.

Para la elaboración de esta evaluación es necesario introducir dos nuevos conceptos que toman en cuenta el valor del dinero en el tiempo:

- a) El factor de descuento (FD) se define como el valor actualizado de \$1 al fin de X años a una tasa de interés r como el costo de oportunidad de capital.

Se calcula:

$$FD = \frac{1}{(1+r)^n}$$

Para una suma de \$100 recibido entre 5 años con una r de 12%.

$$FD = \frac{1}{(1,12)^5} = \frac{1}{1,762} = 0,568$$

Cuando no se incluye el efecto del tiempo y la tasa de interés, el valor actual es \$100, pero con el FD llega a \$56,80 (100 x 0,568).

- b) El valor actual de una anualidad constante (VAAC) se define como el valor actual de \$1, recibido anualmente durante X años a una tasa de interés r como el costo de oportunidad de capital.

Se calcula:

$$VAAC = \sum_{n=1}^x \frac{1}{(1+r)^n}$$

Para una anualidad constante de \$100 durante 3 años y una  $r$  de 10% anual,

$$\begin{aligned} \text{VAAC} &= \frac{1}{(1,10)^1} + \frac{1}{(1,10)^2} + \frac{1}{(1,10)^3} \\ &= 0,91 + 0,83 + 0,75 = 2,49 \end{aligned}$$

Si no se incluye el efecto de tiempo y la tasa de interés el valor actual es \$300, pero con el VAAC el valor actual -llega a \$249 (100 x 2,49).

La primera decisión de evaluar tiene que ver con la posibilidad de vender la finca. El flujo anual del valor productivo es \$235 por ha, y lo espera obtener durante los próximos 12 años; se supone que el efecto de la inflación se cancela ya que afecta tanto los ingresos como los costos. Un comprador le ha ofrecido \$3.000 por ha para las 9,1 ha. El productor piensa que el valor se duplicará en 12 años. Asumiendo que venda ahora o entre 12 años, tiene que pagar un impuesto de 30% sobre el valor total de la venta. Si el costo de oportunidad de capital es 12% anualmente, ¿debe vender la finca o no?.

La forma de plantear el problema y hacer el cálculo es:

#### Alternativas

a) Venta ahora:

$$3.000 \times 9,1 = 27.300 \times 0,7 \text{ (restar impuesto)} = 19.110$$

b) Producir y vender después de 12 años:

Producción de 1 a 12 años

$$235 \times 9,1 = 2.138,50 \times 6.1944 \text{ (VAAC)} = 13.246,72$$

Venta en el año 12:

$$270 \times 9,1 = 54.600 \times 0,7 \text{ (restar impuesto)} = 38.220 \times 0,2567$$

$$\text{(FD)} = 9.811,07$$

$$\text{Total: } 13.246,76 + 9.811,07 = 23.057,79$$

La decisión que debe tomar es la de no vender porque saldrá mejor favorecido: una ganancia de \$3.947,79.

Otro ejemplo de una decisión a tomar se relaciona con las alternativas de inversión en mejoras de infraestructura o mejoras de pastos. La información para cada alternativa es:

Alternativas	Estimado	Retorno/ha proyectado	Vida Util	Valor de rescate
1. Mejoras de instalación y equipos	10.000	1.500	10	2.000
2. Mejoras de pasto y cercas	5.000	1.000	10	0

Si el costo de oportunidad es 10% anualmente, ¿cuál alternativa es la mejor?

El planteamiento del problema y solución son los siguientes:

Año	Alternativa 1	Alternativa 2
Costo	0 -10.000 x 1,0 (FD) = -10.000	-5.000 x 1,0 (FD) = -5.000
Beneficio	1-10 1.500 x 6,140(VAAC) = 9.217,50	1.000 x 6,145(VAAC) = 6.145
	10 2.000 x 0,386(FD) = 772	0
	Beneficio Neto = 10,50	= 1.145

Esta vez la decisión a tomar debe ser la de mejorar pastos y cercas porque resulta en un beneficio neto superior de \$1.155,50.

Por supuesto la programación de las actividades relacionadas con esta decisión tiene que introducirse dentro del contexto del flujo de mano de obra y capital desarrollado en la sección anterior.

#### V. IDENTIFICACION DE CAUSAS DE PROBLEMAS

La metodología para identificar las causas de problemas de la unidad de producción depende de la orientación disciplinaria que lleva el técnico. Normalmente se comparan las prácticas específicas, dentro del campo dominado por el técnico, que realiza el productor, con las ideales, o sea, lo que debe hacer el productor bajo condiciones óptimas. De esta manera se identifica el factor limitante según la diferencia observada entre lo real y lo ideal. Implica esto que el factor limitante podría ser diferente dependiendo de la especialidad del técnico.

En este sentido se presenta en la Figura 2 un procedimiento lógico y amplio en enfoque. Comienza con la identificación del patrón o patrones de evaluación que debería basarse en las preferencias del productor. Luego se procede de componentes generales a los específicos. Para la finca evaluada, el problema es el de flujo de fondos y probablemente se podría solucionar con una mejor programación de ventas y gastos. Pero el problema puede ser más serio: de naturaleza administrativa (organización de empresas y recursos) u operacional. Si el problema es producción, hay que investigar los indicadores de eficiencia biológica; si el problema origina en los costos, entonces hay que investigar los rubros principales: alimentación, capital

fijo, mano de obra, etc. La idea es que dependiendo de donde se identifique la causa del problema, se tomen las medidas necesarias para solucionar-lo. Este esquema evita la posibilidad de enfocar algún aspecto, supuestamente determinante, cuando que en realidad no lo es dentro del contexto de todo el sistema. Ahora, el planteamiento es esquemático y seguramente podría mejorarse.

## VI. FUENTE DE INFORMACION

La base fundamental de la evaluación es la cantidad y calidad de información requerida. De la experiencia ganada en esfuerzos de este tipo, se ha observado que los datos que el productor recuerda con claridad son aquellos que se le registran en la memoria por las circunstancias prevalecientes o porque ocurren en un punto en el tiempo; ejemplos: ¿cuánto gastó en mano de obra contratada, en fertilizante, o cuánto recibió de la venta de novillos? Actividades como aquéllas de larga duración y de una importancia depreciable para el productor, son las más difíciles de recordar; ejemplos: cantidad de abono aplicada, uso de mano de obra familiar, producción de leche, meses de lactancia, intervalo entre partos. Para esta información se requiere un sistema de registros, pero existen pocos productores que llevan algún tipo de registros y mucho menos, registros completos como para hacer una buena evaluación.

Por esta razón, es indispensable darle gran importancia a la calidad de información porque de ella dependerá la utilidad de los resultados.

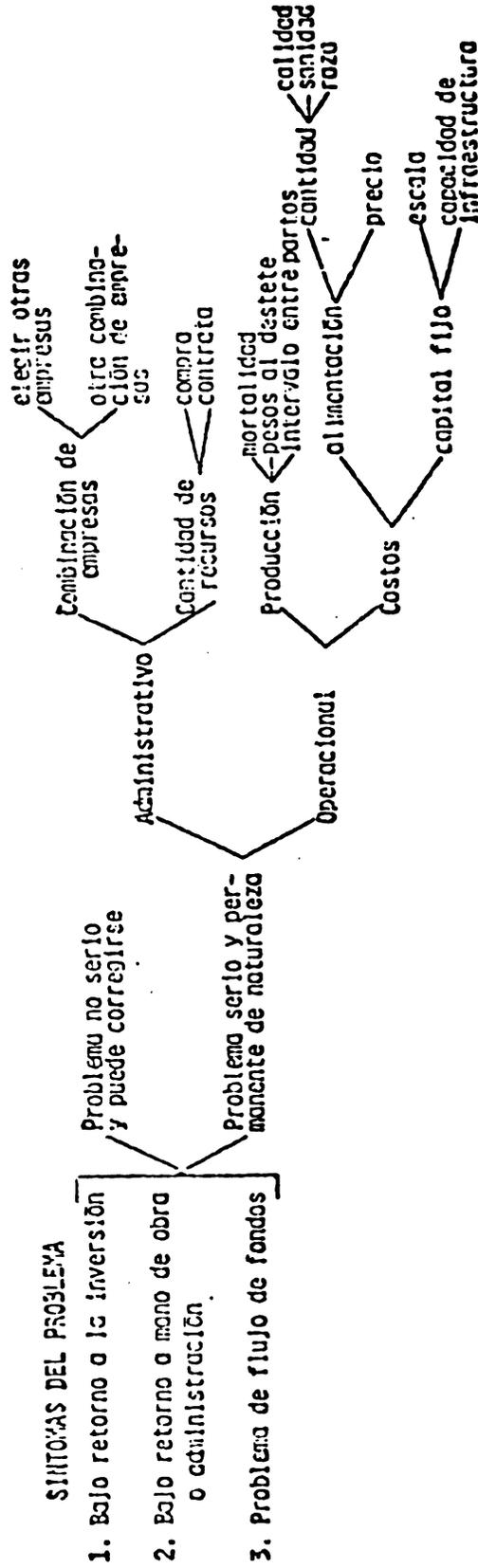


Figura 2.- ESCUEVA PARA IDENTIFICAR PROBLEMAS DE LA PRODUCCION ANIMAL

## VII. COMENTARIO FINAL

Se ha presentado una orientación de la evaluación económica en la producción animal y aplicaciones de algunas herramientas para demostrar las diferentes dimensiones que deben tomarse en cuenta para evaluar adecuadamente las alternativas de producción.

Cabe señalar que la misma orientación, métodos de análisis y consideraciones presentadas, se aplica a otros sistemas de producción y no únicamente a la producción animal. Además, hay otras herramientas que no se han mencionado pero que igualmente son útiles. Se da una lista de referencias precisamente para que aquéllos interesados en profundizar sobre algunos temas/áreas puedan comenzar con estas lecturas.

## VIII. REFERENCIAS

- BISHOP, C. E, y W. D. TOUSSAINT. Introducción al Análisis de Economía Agrícola. Ed. Limusa-Wiley, México, 1974.
- DILLON, J. L. The Analysis of Response in Crop and Livestock Production. Second Edition, Pergamon Press, Oxford, 1977,
- DOLL, J. and ORAZEM, F. Production Economics: Theory with Applications. Grid Inc., Columbus, Ohio, 1978,
- FERGUSON, C. E, y GOULD, J, P. Microeconomic Theory. Fourth Edition, Richard D. Irwin Inc., Homewood, 1975.
- GITTINGER, J. P. Economic Analysis of Agricultural Projects. BIRF. Johns Hopkins University Press. 1972.
- OSBORN, H. A. Technology and the Small Farmer: A conceptual framework. Joint planning and evaluation staff papel series number 79-EI-01, United States Department of Agriculture, Washington, D. C., 1979.
- OSBURN, D. D. y SCHNEEBERGER, K. C. Modern Agriculture Management. Prentice Hall, Reston, Va., 1978.

APLICACION DE LA PROGRAMACION SIMPLIFICADA A PROBLEMAS  
DE MAXIMIZACION Y MINIMIZACION EN LA AGRICULTURA

Marcelino Avila  
Hugo Vargas B.

de su finca, con el fin de maximizar la función objetiva que puede ser el valor total de la producción, el ingreso neto familiar o el ingreso neto. También, de acuerdo a sus idiosincracias, él puede imponer otras condiciones relacionadas con el uso de recursos, niveles de actividades, etc.

En primer lugar hay que definir todos estos aspectos como se hacen en el Cuadro 1. El uso de la mano de obra por trimestre y de capital operativo está dado por ha de tierra, igual que el ingreso neto familiar. Como restricciones están la disponibilidad de recursos que no se puede exceder y el hecho que no desea trabajar más de 1 ha de frijol por problemas de mercado. La estimación de estos coeficientes debe ser lo más precisa posible y real para su finca, en la forma que el productor las trabaja.

Cuadro 1. Disponibilidad de recursos y coeficientes insumo-producto según actividad.

Actividad	Mano de obra				Capital Operativo \$	Tierra ha	Ingreso neto Familiar* \$
	En-Marzo	Abr-Jun	Jul-Set	Oct-Dic			
	-----jornales-----				\$	ha	\$
Ganadería	15	4	5	4	-	1	190
Frijol	-	-	-	4	15	1	500
Cacao	-	6	11	4	-	1	170
Maíz	14	15	18	23	420	1	290
Disponibilidad	45	60	80	50	500	12	-

\*Ingreso neto familiar (INF) = Valor total de la producción - Costos efectivos.

De la información en el Cuadro 1, se determina la máxima extensión de cada actividad que puede trabajarse según cada recurso disponible. Por ejemplo, se puede trabajar 16 ha de ganadería según la mano de obra disponible de julio-setiembre (80 jornales disponibles de julio-setiembre entre 5 jornales que se usan por ha en la ganadería durante el mismo período). El caso de maíz, el capital operativo disponible permite trabajar un máximo de 1.19 ha

(500 entre 420) y la tierra permite un máximo de 12 ha (12 entre 1). Una vez determinada la máxima extensión permitida, se identifica la extensión definida por el recurso más limitante para estimar el ingreso neto familiar total que puede generarse en cada actividad. Por ejemplo, la disponibilidad de tierra determina la máxima extensión de frijol y por lo tanto un máximo INF de \$6000 (500 por 12); el capital operativo disponible determina la de maíz y un máximo INF de \$345.1 (290 por 1.19). Con base en la columna de INF, se establece el orden en que deben entrar estas actividades en el plan óptimo.

Del Cuadro 1 también se genera otro dato clave, el INF/unidad de recurso utilizado, o sea es importante saber en que actividad da su mejor retorno cada recurso para así saber a qué debe asignarse. Los resultados presentados en el Cuadro 3, se obtienen dividiendo el INF/ha entre la cantidad del recurso utilizado/ha. Por ejemplo, la ganadería da un INF/jornal en el período enero a marzo de \$12.67 (190 entre 15) y un INF/jornal octubre-diciembre de \$47.5 (190 entre 4). Puede apreciarse de los resultados en el Cuadro 3 que para hacer un uso eficiente de la mano de obra octubre-diciembre será necesario asignarla, en primer lugar a frijol y en segundo lugar a ganadería.

Ahora ya se puede programar, determinar el plan óptimo (Cuadro 4) usando los resultados de los cuadros 2 y 3. Primero se especifica la disponibilidad de recursos en la primera hilera del cuadro. Según el orden indicado en el Cuadro 2, frijol debe entrar primero y su recurso más limitante es la tierra; ¿cuál da el mejor retorno a la tierra? Es el frijol. Entonces se debería usar toda la tierra en frijol y, si fuera así, se generaría un INF de \$6000, pero esto no es posible por la restricción impuesta por el productor, un máximo de 1 ha. Se introduce 1 ha frijol y se restan los recursos utilizados y el INF que aporta.

Según el Cuadro 2, el cacao entra en segundo lugar y su recurso más limitante es la mano de obra julio-setiembre. Según el Cuadro 3, la ganadería da un retorno a este recurso muy superior, \$38 comparado con \$15.45 en cacao.

Entonces la ganadería entra y solo puede entrar con un máximo de 3 ha porque la mano de obra enero-marzo la limita. Nuevamente se restan los recursos que se utilizan y el INF generado con 3 ha.

Cuadro 2. Máxima extensión e ingreso neto familiar que puede generarse en cada actividad según la disponibilidad de recursos.

Actividad	Mano de obra				Capital Operativo	Tierra	INF	Orden
	En-Marzo	Abr-Jun	Jul-Set	Oct-Dic				
	ha							
Ganadería	3.0	15.0	16.0	12.5	-	12	570	0
Frijol	-	-	-	12.5	33.3	12	6000	0
Cacao	-	10	7.27	12.5	-	12	1235.9	2
Maíz	3.21	4.0	4.44	2.17	1.19	12	345.1	0

Cuadro 3. Ingreso neto familiar por unidad de recurso utilizado, según cada actividad.

Actividad	Mano de obra				Capital Operativo	Tierra
	En-Marzo	Abr-Jun	Jul-Set	Oct-Dic		
	\$					
Ganadería	12.67	47.5	38.0	47.5	-	190
Frijol	-	-	-	125.0	33.3	500
Cacao	-	28.33	15.45	42.5	-	170
Maíz	20.71	19.33	16.11	12.61	0.69	290

Cuadro 4. Determinación de las actividades en el plan óptimo.

Actividad	Mano de obra				Capital Operativo	Extensión	INF
	En-Marzo	Abr-Jun	Jul-Set	Oct-Dic			
	-----Jornales-----				\$	ha	\$
Disponibilidad	45	60	80	50	500	12	-
Frijol	-	-	-	4	15	1	500
No utilizados	45	60	80	46	485	11	-
Ganadería	45	12	15	12	-	3	570
No utilizados	-	48	65	34	485	8	-
Cacao	-	35	65	23.6	-	5.9	1003
No utilizados	-	13	-	10.4	485	2.1	-

Ahora el cacao debe entrar pero siempre el maíz da un retorno mayor a la mano de obra julio-setiembre. Como la mano de obra enero-marzo ya se agotó, el maíz no puede entrar y por lo tanto se introduce el cacao y hasta el nivel que lo permita la mano de obra julio-setiembre (65 entre 18). El cacao genera un INF de \$1003.

Según los recursos agotados ninguna otra actividad puede introducirse. Si no hubiera la restricción de 1 ha de frijol, los recursos no utilizados permitirían que se trabajara más extensión en este cultivo. Entonces el plan óptimo incluye 1 ha de frijol, 3 ha de ganadería y 5.9 ha de café, un INF de \$2073. Según las condiciones de disponibilidad y uso de recursos, productividad y precios de productos según reflejados en el INF/ha y las restricciones impuestas, la función objetiva alcanza un máximo de \$2073.

### Minimización de Costos

El ejemplo típico de este problema es el balance de raciones de mínimo costo. En el Cuadro 5 se especifican las necesidades nutritivas de las vacas en términos de nutrientes digestibles totales (NDT), proteína total (PT), calcio (Ca) y fósforo (P). En cuanto a los nutrientes de calcio y fósforo, podría excluirse puesto que podrían suministrarse directamente con un suplemento. De todos modos se incluyen para demostrar la aplicación del procedimiento aunque quizás el animal no puede aprovechar adecuadamente estos nutrientes de los alimentos a utilizar. El total de los nutrientes requeridos es el primer dato para esta programación.

Cuadro 5. Necesidades diarias de nutrientes de vacas lactantes.

Necesidad para	NDT	PT	Ca	P
	kg	g	g	g
Mantenimiento	2.850	341.0	14.0	11.0
Crecimiento <sup>2/</sup>	0.285	34.1	1.4	1.1
Actividad física <sup>3/</sup>	0.855			
Producción leche	3.030	820.0	26.0	17.5
Total	7.030	1195.1	41.4	29.6

<sup>1/</sup> Vacas con peso vivo promedio de 350 kg y de segundo parto y con una producción promedio de leche de 10 kg por día (3.5% de grasa).

<sup>2/</sup> 10% de las necesidades de mantenimiento.

<sup>3/</sup> 30% de las necesidades de mantenimiento.

En el Cuadro 6 se presenta el costo y composición nutritiva de los alimentos que podrían constituir la ración. El costo unitario debe incluir el precio de mercado del alimento más el costo de transporte y de suministro. Si el alimento se produce en la finca, hay que estimar el costo de producción más el de suministro. Anoten como se expresa la composición, kg del nutriente por kg de alimento en base natural.

Las restricciones del uso de estos alimentos, ya sea por razones de manejo, disponibilidad o comportamiento biológico, incluyen los siguientes niveles máximos, kg/animal/día:

- 1 kg de harina de algodón
- 4 kg de rastrojo de maíz
- 25 kg de ensilaje de napier
- 110 gramos de urea

Cuadro 6. Costos y composición de cada alimento disponible<sup>1</sup>

Alimento	Costo \$ kg	PT	NDT	Ca	P
		kg/kg alimento			
Harina algodón	0.20	0.250	0.600	0.0055	0.0100
Semilla algodón	0.11	0.150	0.760	0.0068	0.0060
Cascarilla algodón	0.09	0.057	0.384	0.0028	0.0009
Rastrojo maíz	0.02	0.015	0.428	0.0010	0.0004
Ensilaje napier	0.01	0.027	0.120	0.0010	0.0006
Melaza	0.04	0.020	0.682	0.0084	0.0007
Urea	0.35	2.875			
Necesidad mínima	kg/día	1.195	7.030	0.0414	0.0296

<sup>1/</sup> Los costos y composición se expresan en base natural (tal como se ofrece al animal).

Con base en la información del Cuadro 6, se calcula la cantidad requerida de cada alimento para satisfacer cada nutriente (Cuadro 7). Como ejemplo, se necesitan 79.607 kg de rastrojo de maíz para llenar el requisito de PT (necesidad mínima de 1.195 kg PT entre 0.015 kg PT, la composición del rastrojo), 16.426 kg para llenar el requisito de NDT (7.030 entre 0.428), 41.4 kg para el de C (0.0414 entre 0.0010) y 75 kg, para el de P (0.0296 entre 0.0004).

Seguidamente se nota que se necesita 2.96 kg de Harina Algodón para llenar el requisito mínimo de P, por lo menos, y esto tiene un costo mínimo de

\$0.592 (2.96 kg por \$0.20/kg). Para ensilaje N se requiere 41.4 kg y determinado por el requisito de C, el cual equivale a \$0.414 (41.4 kg por \$0.01). De esta columna de mínimo costo (Cuadro 7), se especifica el orden en que deben introducirse los alimentos. Se comienza con aquel que cueste menos para llenar cualquier de los requisitos, y se procede hasta llegar con el más costoso.

Cuadro 7. Cantidad requerida de cada alimento para satisfacer las necesidades diarias de cada nutriente.

Alimento (kg/día)	Nutriente				Mínimo Costo, \$	Orden
	PT	NDT	Ca	P		
	-----kg-----					
H. algodón	4.780	11.717	7.528	2.960	0.592	6º
S. algodón	7.967	9.250	6.089	4.934	0.543	5º
C. algodón	20.965	18.308	14.786	32.889	1.331	7º
K. maíz	79.667	16.426	41.400	74.000	0.329	3º
Ensilaje N	44.260	58.584	41.400	49.334	0.414	4º
Melaza	59.750	10.308	4.929	32.889	0.197	2º
Urea	0.415				0.145	1º

En el Cuadro 8 se tiene el costo unitario de cada nutriente según el alimento que lo suministra. Por ejemplo, un kg de PT proveniente de S. algodón cuesta \$0.734 (costo de \$0.11/kg entre 0.15 kg de composición del Cuadro 6), de melaza cuesta \$2 (0.04 entre 0.02), y de urea cuesta \$0.122 (0.35 entre 2.875). De esta información, se conoce entonces el orden de los alimentos, de más barato a más caro, para suministrar cada nutriente. En cuanto a NDT, la fuente más barata es rastrojo de maíz, segundo más barato melaza, etc.

Teniendo los datos de los Cuadros 7 y 8 y recordando las restricciones en cuanto a los requisitos mínimos de cada nutriente y en cuanto a la máxima cantidad de cada alimento que puede suministrarse, se comienza la programación

(Cuadro 9). La urea entra primero según el orden en Cuadro 7 que es determinado por satisfacer PT. Según el Cuadro 8 también es la fuente más barata de PT. Entra pero a qué nivel? Si no hubiese la restricción máxima de 110 gramos, se podría incluir 0.415 kg para llenar todo el requisito de PT. Siguiendo el Cuadro 9, se estima el costo y aporte proteico de 0.11 kg de urea, restándolo de los requisitos mínimos de PT. Luego entra melaza por que está en segundo orden y porque en Ca tiene su ventaja comparativa (Cuadro 7), y es la fuente más barata de Ca (Cuadro 8). Por la restricción se limita su introducción a 3 kg, en vez de 4.929 kg como lo sugiere el Cuadro 7 para llenar todo el requisito de Ca. Se sigue este proceso, usando la información de los cuadros 7 y 8, hasta satisfacer todos los requisitos, después de introducir S. algodón. Sin embargo, como hay sobrantes de PT, NDT y de Ca, se disminuye el uso de urea para eliminar el exceso de PT. Note que ningún otro alimento puede disminuirse puesto que afectaría Ca.

Cuadro 8. Costo por unidad de nutriente.

Alimento	\$/kg Nutriente			
	PT	NDT	Ca	P
H. algodón	0.800	0.334	36.364	20.00 3º
S. algodón	0.734 3º	0.145	16.177 3º	18.334 2º
C. algodón	1.579	0.235	32.143	100.000
R. maíz	1.332	0.047 1º	20.000	50.000
Ensilaje	0.370 2º	0.083 3º	10.000 2º	16.667 1º
Melaza	2.000	0.059 2º	4.762 1º	44.445
Urea	0.122 1º			

Cuadro 9. Determinación de los alimentos en la ración óptima.

	Kilos	PT	NDT	Ca	P	Costo, \$
Kg mínimo		1.195	7.030	0.0414	0.0296	
Urea	0.110	0.316				0.0385
Diferencia		- 0.879	- 7.030	- 0.0414	- 0.0296	
Melaza	3.000	0.060	2.046	0.0252	0.0027	0.1200
Diferencia		- 0.819	- 4.984	- 0.0162	- 0.0269	
P. Mafz	4.000	0.060	1.712	0.0040	0.0016	0.0800
Diferencia		- 0.759	- 3.272	- 0.0122	- 0.0253	
Ensilaje N	25.000	0.675	3.000	0.0250	0.0150	0.2500
Diferencia		- 0.084	- 0.272	+ 0.0128	- 0.0103	
S. Algodón	1.717	0.2575	1.305	0.0117	0.0103	0.1889
Diferencia		+ 0.1735	+ 1.033	+ 0.0245	0.000	
Urea	0.0603	- 0.1735	-	-	-	- 0.0211
Total	33.767	1.195	8.063	0.0659	0.0296	0.6563

En el Cuadro 10 se presenta en resumen la composición de la ración de mínimo costo, obedeciendo todas las restricciones impuestas. Si hubiesen problemas de volumen de la ración óptima, lo cual no hay en este caso, sería necesario introducir el criterio de peso para aumentar o restringir la introducción de algunos alimentos.

Cambiando el costo/kg de algunos alimentos o las restricciones se podrían realizar análisis de sensibilidad para estudiar su efecto sobre la ración óptima y de esta manera tomar en cuenta varios factores que afectan el manejo práctico de la ganadería del punto de vista del productor.

Cuadro 10. Composición de la ración balanceada de mínimo costo.

Alimento	Kilos	%
Urea	0.0497	0.147
Melaza	3.000	8.884
Rastrojo maíz	4.000	11.846
Ensilaje napier	25.000	74.037
Semilla algodón	1.717	5.080
Total	33.767	100.00

Referencias

Beneke, R. R. and Winterboer, R. Linear programming applications to agriculture. The Iowa State University Press. Ames, Iowa, USA. 1973.

Dillon, J. L. and Hardaker, J. B. Farm management research for small farmer development. Food and Agriculture Organization Services Bulletin 41. Rome. 1980.

Weathers, C.R. Simplified programming. North Carolina Agricultural Experiment Station Circular 447. Raleigh. 1964.