

EVALUACION DEL CRECIMIENTO DE TERNEROS DE LECHERIA  
CON LECHE ARTIFICIAL OPTIMIZADA POR PROGRAMACION LINEAL

Tesis de Grado  
de  
MAGISTER SCIENTIAE

SATURNINO DUTRA



INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA  
Centro Tropical de Enseñanza e Investigación  
Departamento de Ganadería Tropical  
Turrialba, Costa Rica  
Octubre, 1972

EVALUACION DEL CRECIMIENTO DE TERNEROS DE LECHERIA  
CON LECHE ARTIFICIAL OPTIMIZADA POR PROGRAMACION LINEAL

Tesis

Sometida al consejo de Estudios Graduados como  
requisito parcial para optar al grado de

Magister Scientiae

en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

Permiso para su publicación, reproducción total o  
parcial, debe ser obtenido en dicho Instituto

APROBADA: Manuel E. Ruiz Consejero  
Manuel Ruiz, Ph.D.

K. Vohnout Comité  
Karel Vohnout, Ph.D.

Héctor Muñoz Comité  
Héctor Muñoz, Ph.D.

Thomas A. McKenzie Comité  
Thomas A. McKenzie, M.Sc.

Octubre, 1972

Para  
L., M., N. y Z.  
con cariño

A la memoria de mi  
inolvidable hermana  
ARCELINA DUTRA

## AGRADECIMIENTO

El autor desea expresar sus agradecimientos a las entidades y personas que hicieron posible la iniciación, continuación y finalización de sus estudios de postgrado.

Al Gobierno de Holanda, por la desinteresada ayuda en otorgarle una beca para realizar estudios de postgrado.

Al Dr. Manuel Buiz, Consejero Principal, por su constante ayuda y orientación en la realización de este trabajo.

Al Dr. Héctor Puñoz, Jefe del Departamento de Ganadería Tropical y miembro de su Comité Consejero, por las facilidades ofrecidas.

A los otros miembros del Comité Consejero, Drs. Karel Vohnout y Thomas McKenzie, por la ayuda, estímulos y sugerencias recibidas.

A los profesores del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación, y especialmente a los Drs. Oliver Deaton y Gilberto Páez, por la amistad y enseñanzas recibidas.

A todos los compañeros, personal de la Unidad de Estadística y Computación Electrónica y de la Biblioteca Conmemorativa Orton, que de una forma u otra ayudaron en la realización del presente trabajo.

## BIOGRAFIA

El autor es de nacionalidad brasileña. Nació el 11 de junio de 1946.

Realizó estudios primarios en el "Ginásio São Luiz Gonzaga", en Parnaíba, Piauí. Cursó estudios secundarios en el "Ginásio Ateneu Teixeira Mendes" y "Colégio Estadual do Maranhão", en São Luiz, Maranhão.

En 1966 ingresó a la "Faculdade de Ciencias Agrarias do Pará", en Belém, Pará, egresando en diciembre de 1969, en donde obtuvo el título de Ingeniero Agrónomo.

Al finalizar sus estudios universitarios, ingresó al "Instituto de Pesquisas Agropecuárias do Norte, IPEAN", en Belém, Pará, para un entrenamiento en el Departamento de Zootécnia, hasta junio de 1970. De julio a agosto de 1970 participó en trabajos de investigación sobre las actividades principales de los municipios de la región norte de Brasil, convenio SUDAN/Ministério de Agricultura en Belém, Pará.

En septiembre de 1970, ingresó como estudiante graduado al Centro Tropical de Enseñanza e Investigación del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, en Turrialba, Costa Rica, para realizar estudios de postgrado en el Departamento de Ganadería Tropical, donde obtuvo el grado de Magister Scientiae en octubre de 1972.

## CONTENIDO

	página
LISTA DE CUADROS	vii
LISTA DE FIGURAS	x
ABREVIATURAS DEL TEXTO	xi
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	
2.1 Fisiología de los Terneros Jóvenes . . . . .	3
2.2 Alimentación de Terneros Jóvenes y el Uso de Reemplazantes de Leche . . . . .	8
2.3 Técnica de Programación Lineal . . . . .	12
3. MATERIALES Y METODOS	
3.1 Localización del Estudio . . . . .	14
3.2 Leche Artificial . . . . .	14
3.3 Prueba de Alimentación en Terneros . . . . .	17
3.4 Parámetros Evaluados . . . . .	19
3.5 Análisis Estadístico . . . . .	20
3.6 Análisis Económico . . . . .	20
4. RESULTADOS Y DISCUSION	
4.1 Parámetros de Crecimiento. . . . .	23
4.2 Consumo y Conversión de Alimentos. . . . .	29
4.3 Digestibilidad Aparente. . . . .	31
4.4 Ocurrencia de Enfermedades y Mortalidad. . . . .	33
4.5 Análisis Económico de Costos . . . . .	36
4.6 Discusión General. . . . .	39
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	41
6. RESUMEN	42
6a. RESUMO	45
6b. SUMMARY	47
7. LITERATURA CITADA	51
APENDICE	58

## LISTA DE CUADROS

## TEXTO

Cuadro no.		página
1	Matriz de coeficientes para minimizar el costo de la leche artificial con base en los nutrientes más esenciales para el ternero joven	15
2	Composición final en ingredientes para formular la leche artificial	16
3	Cantidad de alimento administrado, datos en kilos	18
4	Promedios del incremento diario en los parámetros de crecimiento	23
5	Prueba de rango múltiple de DIS para el incremento diario en el parámetro torácico y el largo del cuerpo, según los tratamientos experimentales	26
6	Promedios en kilos del alimento consumido y conversión de alimentos, por animal por tratamiento, para el período experimental correspondiente	30
7	Composición química de los alimentos. Datos en base seca	31
8	Coefficientes de digestibilidad aparente, en porcentaje	32
9	Número de casos de ocurrencia de enfermedades	35
10	Costos de alimentación, datos en US\$ por animal	37
11	Costo total de crianza, datos en US\$ por animal	38

## APENDICE

1A	Composición química de los ingredientes utilizados para optimizar (minimizar) la leche artificial	59
2A	Programa de programación lineal usado para minimizar el costo de la leche artificial	60
3A	Resultados de la minimización de costos de la leche artificial en una computadora IBM 1130	61
4A	Cantidades de nutrientes aportados por los ingredientes componentes de la leche artificial y balance final de minerales y vitaminas	62

Cuadro no.	página
5A Animales experimentales asignados a los tratamientos	63
6A Promedios de incremento diario para los grupos raciales en el tratamiento de alimentación convencional, hasta los 50 kilos	64
7A Análisis de variancia para el incremento diario en el peso vivo entre grupos raciales, en el método de alimentación convencional, hasta los 50 kilos de peso vivo	64
8A Incremento diario estimado por regresión lineal para los parámetros de crecimiento	65
9A Análisis de covariancia para el incremento diario en peso vivo con el peso al nacer	66
10A Análisis de covariancia para el incremento diario en perímetro torácico con el peso al nacer	66
11A Análisis de covariancia para el incremento diario en altura a la cruz con el peso al nacer	66
12A Análisis de covariancia para el incremento diario en largo del cuerpo con el peso al nacer	67
13A Análisis de variancia para el incremento diario en el peso vivo	67
14A Análisis de variancia para el incremento diario en el perímetro torácico	67
15A Análisis de variancia para el incremento diario en la altura a la cruz	67
16A Análisis de variancia para el incremento diario en el largo del cuerpo	68
17A Prueba de Chi-cuadrado para el número de casos de ocurrencia de diarreas en cada tratamiento experimental, hasta el peso final	68
18A Casos de ocurrencia de mortalidad en el período experimental	69
19A Prueba de Chi-cuadrado para el número de casos de ocurrencia de mortalidad por tratamiento experimental	69



Cuadro no.	página
20A Costos totales de crianza (US\$) por animal en el Tratamiento I, amortizados para el período experimental correspondiente	70
21A Costos totales de crianza (US\$) por animal en el Tratamiento II, amortizados para el período experimental correspondiente	71
22A Costoso totales de crianza (US\$) por animal en el Tratamiento III, amortizados para el período experimental correspondiente	72
23A Costos totales de crianza (US\$) por animal en el Tratamiento IV, amortizados para el período experimental correspondiente	73
24A Costos totales de crianza (US\$) por animal en el método de alimentación convencional, amortizados para el período de nacimiento hasta los 50 kg de peso	74

## LISTA DE FIGURAS

Figura no.		página
1	Esquema de la evolución anatómica de los reservorios gástricos del ternero	5
2	Tendencia del incremento diario de los parámetros de crecimiento con el uso de leche natural y leche artificial	25
3	Crecimiento promedio en peso vivo con el uso de leche natural y leche artificial	27

## ABREVIATURAS DEL TEXTO

AFRA	:	Afrecho de arroz
AFRT	:	Afrecho de trigo
ARGI	:	Arginina
CALC	:	Calcio
COPR	:	Copra
CORN	:	Maíz amarillo
DMS	:	Diferencia mínima significativa
FOSP	:	Fósforo
HARB	:	Harina de banano
HARG	:	Variable de holgura de arginina
HARH	:	Harina de hueso
EARL	:	Harinolina de algodón
HARP	:	Harina de pescado
HHIS	:	Variable de hogura de histidina
HISO	:	Variable de holgura de isoleucina
HIST	:	Histidina
HLEU	:	Variable de holgura de leucina
HLIS	:	Variable de holgura de lisina
HMET	:	Variable de holgura de metionina
HOLC	:	Variable de holgura de calcio
HOLF	:	Variable de holgura de fósforo
HOLM	:	Variable de holgura de NDTO
HOLP	:	Variable de holgura de proteína
ISOL	:	Isoleucina
LEUC	:	Leucina

LISI	:	Lisina
MELZ	:	Melaza de caña
METI	:	Metionina
MSEC	:	Total de mezcla en base húmeda
NDTO	:	Nutrientos digestibles totales
NRC	:	National Research Council
PAPA	:	Papa fresca
PDIG	:	Proteína digestible
SEBO	:	Sebo de ganado vacuno
SEMO	:	Semolina
SOYA	:	Harina de soya
YUCA	:	Cáscara de yuca

## 1. INTRODUCCION

Existe en la actualidad, particularmente en los países de América Latina, un creciente déficit de leche natural para el consumo humano. Por otro lado, la industrialización y el consumo de productos lácteos ha llegado a dar a la leche una gran importancia como alimento básico para los humanos, por su alto y variado contenido de nutrimentos y fácil digestión. En la crianza de terneros en sus primeras semanas de vida, la leche es también el alimento ideal, satisfaciendo plenamente las exigencias nutritivas en proteína, energía, minerales, vitaminas y aminoácidos. Sin embargo, esta práctica implica un alto costo de alimentación por cabeza y provoca una disminución en la disponibilidad de este vital producto para la alimentación humana.

En consecuencia, la alimentación de los terneros jóvenes con reemplazantes de leche, tiene como objetivos el aumento de la disponibilidad de leche para la creciente población humana y una reducción considerable de los costos de cría. Se hace posible, además, la crianza de terneros machos para la producción de novillos de corte, evitando el sacrificio al nacimiento. Sin embargo, el reemplazante de leche debe ser un producto cuyas características físico-químicas se aproximan al máximo a la leche natural y presente un costo mínimo, el cual es posible obtener, teóricamente, con el uso de la técnica de programación lineal.

El objetivo general de este trabajo ha sido evaluar la eficiencia biológica y económica de leche artificial optimizada (minimizada) por programación lineal, con diferentes niveles de leche natural, en terneros de lechería, bajo condiciones tropicales.

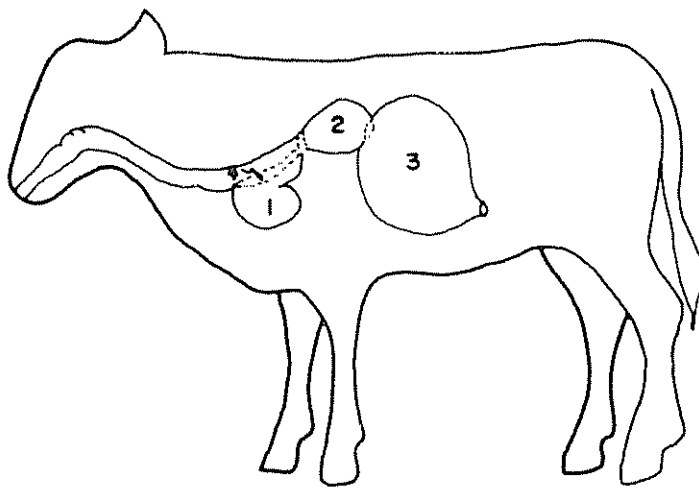
El objetivo específico ha sido evaluar el efecto alimenticio de productos, sub-productos y desechos agroindustriales de fácil obtención y bajo costo, como alimento para el ternero joven.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Fisiología de los Terneros Jóvenes

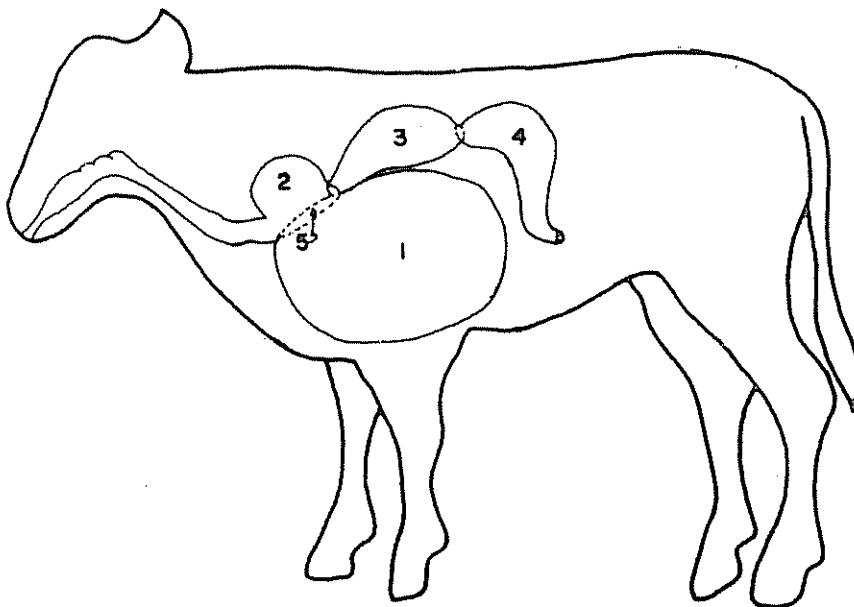
#### 2.1.1 Desarrollo ruminal

El ternero recién nacido al igual que el rumiante adulto, tiene un estómago dividido en cuatro compartimientos. Sin embargo, sólo el abomaso o cuarto estómago es funcional, con una capacidad de cerca del doble de los otros compartimientos (1, 60, 61). Mientras el ternero continúe exclusivamente con un régimen de alimentación láctea, la capacidad volumétrica del rumen permanece muy reducida, sin producción de metano y ácidos grasos ni desarrollo de las papilas de absorción del rumen (1, 27, 75). Si esta alimentación se realiza con una elevada dieta de leche líquida, el grado de coagulabilidad del cuajo es insuficiente, y en consecuencia, se produce una fermentación láctea que modifica fuertemente la flora microbiana y destruye la fauna (1, 47), retardando el desarrollo del rumen y retículo (29, 74) y el abomaso es anormalmente pesado (47). Al contrario, cuando el ternero joven recibe dietas que incluyen alimentos sólidos y forrajes, hay un rápido desarrollo de la flora ruminal (47, 60, 61, 68), hay mayor producción de ácidos grasos volátiles que estimulan el crecimiento de las papilas del rumen (29, 55, 60), y el área de absorción de los nutrimentos (61). Stobo et al. (66, 67) en recientes investigaciones sobre el desarrollo del rumen del ternero, concluyeron que la inclusión de alimentos sólidos en la dieta, además de aumentar la capacidad del rumen y retículo, también aumenta el peso del tejido corporal.



- 1 Rumen-Reticulo
- 2 Omaso
- 3 Abomaso
- 4 Gotera esofágica

Fase monogástrica . Observación personal del autor al presionar los reservorios gástricos con agua .



- 1 Rumen
- 2 Reticulo
- 3 Omaso
- 4 Abomaso
- 5 Gotera esofágica

Fase ruminal. Adeptado de Amich - Gali, J. (1)

Fig. 1 Esquema de la evolución anatómica de los reservorios gástricos del ternero



el nervio laríngeo superior a través del centro bulbar y llega a los labios de la gotera esofágica por la rama dorsal del pneumogástrico (1). Según Nester y Eaton, citados por Roy (61), la acción refleja del cierre ocurre cuando el animal ingiere proteínas solubles o sales de leche y sería transmitido por estimulación del nervio glosofaríngeo, o probablemente enviado como parte del hábito de la conducta de mamar. Sin embargo, hay una gran variación entre terneros y la acción refleja viene a ser más débil a medida que el ternero aumenta en edad (61), o con más estímulo según la naturaleza y temperatura de la dieta ingerida (1).

La digestión por las enzimas en los rumiantes jóvenes ha sido extensamente estudiada. Amich-Gali (1), por medio de fístulas duodenales y Radostits (57), por investigaciones bibliográficas, dicen que ha sido posible conocer perfectamente la evolución de las enzimas pancreáticas e intestinales en el ternero, a medida que va avanzando su edad. Después del período de ingestión del calostro, el ternero está perfectamente provisionado en lipasa, lactasa y pepsina (1, 18, 47, 48, 57, 61). La lipasa disminuye su actividad con el aumento de la edad del ternero, desapareciendo normalmente hacia el tercer mes (18, 57, 61). Según Young (77), en los terneros las enzimas necesarias para el metabolismo de ácidos grasos volátiles están presentes antes de que empiece la fermentación en el rumen, pudiendo recibir dietas sólidas en grasa. Hortenson, Citado por Roy (61), establece que como resultado de la acción enzimática de la renina o pepsina, el coágulo se forma rápidamente, inmediatamente después de que la leche es ingerida por el ternero. En consecuencia, durante las cuatro primeras

semanas de vida, el ternero es capaz de digerir las grasas, las proteínas de peso molecular medio, la lactosa y los monosacáridos (1, 23, 47, 57, 60, 61). En cambio, la amilasa, maltosa y sacarosa sólo aparecen en niveles aceptables hasta el final del primer mes, aumentando después de las siete semanas de edad (61). Por lo tanto, el ternero pre-rumiante no puede digerir almidón, dextrina, maltosa o sacarosa (1, 54, 57, 61). Sin embargo, cuando el almidón, está gelatinizado, hay posibilidad de mejorar su utilización, y el azúcar de caña puede ser utilizado por el ternero como consecuencia de su degradación por los microorganismos intestinales (61).

En cuanto a la digestibilidad, los reemplazantes de leche y los forrajes parecen ser tan eficientemente digeridos por el ternero, como por el rumiante adulto (61). Teat (47) dice que la digestibilidad de los alimentos por los terneros jóvenes es similar a los monogástricos. Por tal razón, en cualquier programa de alimentación para rumiantes jóvenes, toda dieta debe estar debidamente equilibrada en elementos nutritivos, con especial atención al aporte de aminoácidos esenciales para un normal desarrollo. De acuerdo con Radostits (57), la digestibilidad de los reemplazantes de leche es afectada por el procesamiento de los ingredientes, y cita que recientes trabajos de investigación han mostrado que terneros recién nacidos alimentados con reemplazantes de leche formulados a base de harina de soya altamente cocida, obtuvieron ganancias de peso casi el doble que los terneros con reemplazantes de leche que contenía harina de soya no tratada. Stobo (67), encontró coeficientes de digestibilidad aparente

para la materia seca, proteína cruda, fibra cruda, extracto etéreo y extracto no nitrogenado, alrededor de 78,7%, 75,7%, 16,3%, 61,0% y 85,0%, respectivamente para dietas de alimentos sólidos, en terneros de 16 a 17 semanas de edad. En trabajos de digestibilidad y metabolismo de las grasas en terneros jóvenes, Roy (61) y Berner (9) dicen que hay variaciones en la digestibilidad por factores tales como la cadena de aminoácidos y el grado de saturación, así las grasas de cadena más cortas y de más bajo punto de fusión, tienen mayor digestibilidad. Para otros autores (1, 8, 38, 61, 62, 63), la adición de grasa animal o vegetal en los reemplazantes de leche, tienen que estar correctamente emulsificados, de modo que el tamaño de la partícula de grasa sea menor que tres a cuatro micras de diámetro porque, en caso contrario, se causarían diarrea y pérdida del pelo durante las tres primeras semanas de vida.

## 2.2 Alimentación de Terneros Jóvenes y el Uso de Reemplazantes de Leche

La alimentación del ternero joven puede hacerse por varios métodos: con leche natural, leche descremada, leche descremada deshidratada y reemplazantes de la leche (71). Estos métodos tienen como necesidad invariable el suministro de calostro como primer alimento que debe recibir el ternero, ya que produce un efecto laxante, limpia el aparato digestivo de los productos metabólicos acumulados durante su vida fetal, y proporciona anticuerpos para su defensa contra enfermedades (18, 60, 61, 71). El calostro difiere de la leche natural, porque es más densa,

amarilla y contiene mayor cantidad de proteína, minerales y principalmente vitaminas liposolubles A, D y E (61, 64, 71). El consumo del calostro tiene gran importancia. Según Roy (60, 61), en Inglaterra y Gales, la mortalidad de terneros es del orden del cuatro por ciento cuando los terneros maman el primer mes el calostro de la madre, en contraste, en Escocia la mortalidad está en torno al nueve por ciento, ~~al~~ recibir los terneros el calostro en un recipiente. Khramov, citado por Roy (60), indica que terneros que recibieron calostro durante diez días, a razón de diez kilos diarios dados en cinco veces, tuvieron una ganancia media de 1,30 kg diarios. En contraste, de Alba (18) hace referencia a trabajos experimentales con algunos lotes criados sin calostro, resultando una mortalidad de cien por ciento.

Los métodos convencionales se basan principalmente, en la sustitución paulatina de la leche natural por productos lácteos (29, 42, 45) o por mezclas de concentrados (13, 15, 23, 29, 42, 49, 52, 72) hasta el destete, suministrados una o dos veces al día, sin diferencias significativas en las ganancias diarias (6, 76).

La moderna alimentación del ternero joven se basa en la capacidad de éste en ajustar precozmente su rumen para el aprovechamiento de alimentos sólidos, suministrados con reducida o ninguna cantidad de leche, liberándose de su condición de lactante. Para esto, se utilizan los reemplazantes de leche o leches artificiales, que son dietas destinadas a sustituir la leche materna, suministrados en estado líquido al ternero, generalmente disuelto

en agua tibia, y cuyas características físico-químicas se aproximan al máximo a la leche natural (1).

Recientemente, han surgido muchos trabajos procurando dar énfasis al uso de los reemplazantes de leche formulados a base de subproductos y desechos agroindustriales, permitiendo restringir considerablemente el uso de la leche natural por animal, y de acuerdo con los investigadores a valores de 175 kg y 262,5 kr en 4 y 6 semanas (7); 84 kg en 12 semanas (11); 100 kg en 14 semanas (12); 200 a 220 kg en 6 a 9 semanas (14); 250 kg en el período de crianza (25); 160 kg en 25 semanas (16); y 56 kg en 35 semanas (71). Sin embargo, la mayoría de los reemplazantes se han basado en el uso de productos lácteos. Barker (7), Fonseca y Arias (28), Vilela et al. (71) y Zamora (78), utilizaron leche descremada en polvo en proporciones de 18,0, 7,0, 74,64, y 65,0 por ciento, respectivamente, y/o suero de mantequilla, en proporciones de 35,0 por ciento, también como componente básico (28). Por otro lado, al limitar o suprimir la cantidad de leche natural empleada en los reemplazantes para la alimentación de los terneros, se obtiene buen comportamiento en el crecimiento diario y entonces un mayor beneficio económico, llegándose a posibilitar la crianza de los terneros machos para la producción de carne. Barker (7) señala valores de sólo US\$9,00 para cuatro semanas y US\$12,50 para seis semanas; Fonseca y Arias (28), US\$0,27 por día para ocho semanas; y Vilela et al. (71), US\$5,40 en 36 semanas, como costos promedios de alimentación por ternero. Desafortunadamente no se han presentado datos de costos de alimentación con leche entera solamente, para poderse apreciar al grado de reducción en el costo de la alimentación al usar reemplazantes, como también, no se ha encontrado

en la literatura, otros trabajos sobre el uso de reemplazantes formulados solamente con productos no lácteos para alimentar terneros destetados a una edad temprana.

Otros autores, han dado mayor énfasis en el uso del sebo de ganado vacuno, como componente esencial en las fórmulas de los reemplazantes de leche. Amich-Gali (2, 3), llevó a cabo investigaciones para evaluar la naturaleza de la materia grasa en los reemplazantes durante el primer período de lactación artificial, encontrando que el índice de conversión y el crecimiento diario son mejores con el uso de grasa animal, y por otro lado, observó que el mejor índice de conversión se halló en los grupos alimentados con mayores cantidades de sebo, concluyendo que la grasa animal y en particular el sebo, puede ser utilizado en altas proporciones en los reemplazantes de leche, tanto por razones fisiológicas como económicas. Berner (9), del resultado de experimentos con reemplazantes formulados a base de grasa animal, concluye que es conveniente ofrecer mezclas grasas para terneros que se parezcan a la grasa de la leche, lográndose esto con la adición de sebo animal, pero con inconvenientes de aparición tardía de diarrea, disminución de la tasa de absorción, y muerte repentina de origen cardíaco, debido al elevado punto de fusión y contenidos en ácidos grasos insaturados de cadena larga, existentes en el sebo. Dijkstra (21), llevó a cabo una serie de pruebas con objetivos de estudiar la influencia de niveles de grasa animal de 0, 5,0, 10,0, 15,0 y 20,0% en reemplazantes para rumiantes jóvenes, concluyendo que, con un incremento porcentual de grasa en dietas pobres en calcio y magnesio, la digestibilidad de la

proteína cruda, extracto no nitrogenado y fibra cruda, decrece gradualmente. En contraste, con dietas abundantes en calcio y magnesio, conjuntamente con la suplementación de grasa, aparecen formas de jabones insolubles en el tracto digestivo, decreciendo la digestibilidad de estos nutrimentos. Finalmente, el Departamento de Agricultura de Australia (22), realizó trabajos con el objetivo de evaluar el sebo animal en los reemplazantes para la alimentación de terneros Friesian, resultando que animales suplementados con sebo desde la cuarta semana de tratamiento hasta el final, tuvieron mejores ganancias y ventajas económicas.

### 2.3 Técnica de Programación Lineal

Se puede introducir esto, como consecuencia de los problemas complejos de mezclas y ciertos correspondientes, que requieren una solución cuantitativa. Entonces, algunos autores (17, 51, 73) especifican la programación lineal como una técnica para decisiones matemático-económicas de aplicación más acertada en las investigaciones operativas. Sin embargo, en los últimos años la programación lineal está recibiendo considerables atenciones por los investigadores como un procedimiento eficiente para formular dietas para todas las especies de animales (4, 10, 19, 20, 36, 37, 58, 69), e incluyendo los humanos (26). Según Yokuhi (73), se entiende por programación lineal, la solución de un problema matemático que consiste en la optimización de una función lineal, cuyas variables deben satisfacer un sistema de ecuaciones e inecuaciones. Para Crampton y Harris (16), la programación lineal aplicada al balance de raciones, es una técnica matemática que

permite determinar cómo escoger mejor entre alimentos aprovechables, con diferentes nutrimentos, naturaleza y precios, para formular una mezcla con porcentajes específicos de nutrimentos, al menor costo posible.

Para la aplicación de este procedimiento son necesarios factores tales como, las restricciones nutritivas demandadas, composición nutritiva de los ingredientes, y el precio de los ingredientes (16, 51). Además, se torna necesario la formulación de las ecuaciones lineales y matriz de coeficientes, perforación de las tarjetas de datos, optimización (minimización) en una computadora electrónica, y el análisis de los resultados (24).

Las ventajas de esta técnica son, la obtención del costo mínimo por kilogramo de mezcla, seguridad y rapidez en las operaciones matemáticas (51).



### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Localización del Estudio

La presente investigación se llevó a cabo en la Estación Experimental y Laboratorios del Departamento de Ganadería Tropical del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, en Turrialba, Costa Rica. La estación está localizada en una zona tropical a 600 metros de altura sobre el nivel del mar con un promedio de precipitación pluviométrica anual de 2.600 mm uniformemente distribuida, temperatura promedio anual de 22,5 grados centígrados, y humedad relativa del aire alrededor de 90 por ciento.

#### 3.2 Leche Artificial

Para optimizar (minimizar) la leche artificial, se utilizó la técnica de programación lineal, por ser el procedimiento más eficiente que permite formular raciones de mínimo costo. Para lograr tal finalidad, primeramente se recopiló de otros trabajos, datos promedios de la composición química de algunos productos, subproductos y desechos agroindustriales de fácil obtención y bajo costo, y con posibilidades de ser utilizados en la alimentación del ternero joven (Apéndice, Cuadro 1A). Las restricciones nutritivas demandadas para esta optimización, fueron estimadas con base a la misma composición nutricional de la leche natural, convertidas a 87 por ciento de materia seca. Los precios de los ingredientes fueron obtenidos del Consejo Nacional de Producción de Costa Rica. A continuación se formularon las ecuaciones lineales y matriz de coeficientes (Cuadro 1). Luego, se hizo

Cuadro 1. Matriz de coeficientes para minimizar el costo de la leche artificial con base en los nutrientes más esenciales para el ternero joven

NUTRIENTES	X <sub>1</sub> 1,0 kg COBH	X <sub>2</sub> 1,0 kg SOYA	X <sub>3</sub> 1,0 kg HARL	X <sub>4</sub> 1,0 kg SEVO	X <sub>5</sub> 1,0 kg AFBA	X <sub>6</sub> 1,0 kg AFPT	X <sub>7</sub> 1,0 kg HARF	X <sub>8</sub> 1,0 kg CDPR	X <sub>9</sub> 1,0 kg PAPA	X <sub>10</sub> 1,0 kg YUCA	X <sub>11</sub> 1,0 kg HARH	X <sub>12</sub> 1,0 kg SEVO	X <sub>13</sub> 1,0 kg HARB	X <sub>14</sub> 1,0 kg HELZ	X <sub>15</sub> HOLP	X <sub>16</sub> HOLH	X <sub>17</sub> HOLC	X <sub>18</sub> HOLF	X <sub>19</sub> HARG	X <sub>20</sub> HHIS	X <sub>21</sub> HIGO	X <sub>22</sub> HLEU	X <sub>23</sub> HLIS	X <sub>24</sub> HMET	REQUERIMIENTOS <sup>a/</sup>	
MSEC	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0											= 100,0	
PDIG	0,065	0,365	0,326	0,076	0,084	0,120	0,640	0,165	0,016	0,050	0,082	0,0	0,036	0,017	-1,0										= 21,7	
MDTO	0,780	0,750	0,720	0,790	0,580	0,600	0,800	0,750	0,190	0,270	0,150	2,25	0,670	0,680		-1,0									= 116,0	
CALC	0,0003	0,0026	0,0016	0,0003	0,0006	0,0014	0,0284	0,0021	0,0001	0,0030	0,2098	0,0	0,0002	0,0005			-1,0								= 0,87	
PCSP	0,0027	0,0062	0,0118	0,0140	0,0175	0,0114	0,0112	0,0061	0,0005	0,0011	0,1359	0,0	0,0008	0,0008				-1,0							= 0,65	
ARGI	0,0045	0,0255	0,0424	0,0049	0,0048	0,0097	0,0306	0,0228	0,0	0,0	0,0170	0,0	0,0	0,0					-1,0						= 0,85	
HIST	0,0018	0,0107	0,0110	0,0010	0,0019	0,0029	0,0125	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0						-1,0					= 0,70	
ISOL	0,0045	0,0275	0,0160	0,0029	0,0038	0,0058	0,0087	0,0691	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0							-1,0				= 1,40	
LEUC	0,0099	0,0353	0,0250	0,0049	0,0058	0,0087	0,0491	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0								-1,0			= 2,00	
LISI	0,0018	0,0264	0,0170	0,0049	0,0048	0,0058	0,0704	0,0058	0,0	0,0	0,0090	0,0	0,0	0,0									-1,0		= 1,89	
METI	0,0009	0,0078	0,0065	0,0	0,0	0,0010	0,0192	0,0032	0,0	0,0	0,0020	0,0	0,0	0,0										-1,0	= 0,58	
HELZ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0											= 10,0	
COSTO (\$) <sup>b/</sup>	-0,86	-1,13	-0,72	-0,57	-0,026	-0,33	-1,56	-0,60	-0,54	-0,44	-0,70	-2,00	-0,44	-0,18												MÍNIMO

a/ De acuerdo con el contenido en la leche natural convertidos a 87 por ciento de materia seca.

b/ US\$1,00 = \$6,62, si cambio oficial. El signo negativo es para permitir la solución del algoritmo, minimizando los costos.

la perforación de las tarjetas de datos, se anexaron el listado de tarjetas a un programa de programación lineal escrito en lenguaje FORTRAN IV, adaptado de Daellenbach (17) y codificado CTBI 096 (Apéndice, Cuadro 2A), procediendo a las operaciones de cómputo en una computadora IBM 1130. El tiempo de procesamiento ocupó aproximadamente dos minutos, y cuyos datos y resultados se presentan en su forma original en el apéndice (Cuadro 3A). Para el balance final de minerales y vitaminas, se adicionó a la mezcla resultante de la minimización de costos, un kilo de sal y dos kilos de una mezcla comercial de minerales y vitaminas por cada 100 kilos de mezcla (Apéndice, Cuadro 4A). Después de este balance final se obtuvo una mezcla de ingredientes aproximadamente con las mismas características químicas de la leche natural (Cuadro 2).

Cuadro 2. Composición final en ingredientes para formular la leche artificial

Ingredientes	Cantidad (kg)
Harina de soya	11,93
Harinolina	30,64
Harina de pescado	18,84
Harina de hueso	0,59
Sebo animal	28,00
Melaza de caña	10,00
Subtotal	100,00
Sal	1,00
Mezcla mineral y vitamínica <sup>a/</sup>	2,00
Total	103,00

<sup>a/</sup> De nombre comercial "MUVINIX" y con la siguiente composición por kilo de mezcla: hierro, 4,0 g; cobalto, 40,0 mg; cobre, 400,0 mg; manganeso, 12.000,0 mg; zinc, 10.000,0 mg; iodo, 240.000,0 ppm; colina, 60.000,0 mg; niacina, 3.000,0 mg; riboflavina, 400,0 mg; vitamina A, 600.000,0 UI; vitamina B<sub>12</sub>, 1,6 mg; vitamina D<sub>3</sub>, 250.000,0 UI; bacitracina, 0,8 g; penicilina, 0,8 g; ácido arsénico, 18,0 g; antioxidante, 22,6 g; vehículo apropiado, 1.000,0 g.

### 3.3 Prueba de Alimentación en Terneros

#### 3.3.1 Definición de la población y muestra

Para la prueba de alimentación, se utilizaron un total de 40 terneros producto del cruzamiento de varias razas lecheras. Los terneros nacieron en la Estación Experimental en el período de diciembre 1971 a marzo de 1972, fueron distribuidos al azar en cuatro tratamientos, lográndose 10 animales por tratamiento, cinco machos y cinco hembras (Apéndice, Cuadro 5A). Los grupos raciales no son significativamente diferentes en cuanto al incremento en peso vivo (Apéndice, Cuadros 6A y 7A).

#### 3.3.2 Manejo de los animales

Al nacer, los terneros fueron separados de la madre, tomaron el calostro en un chupón a razón de diez por ciento del peso corporal durante los cinco primeros días de vida, y luego fueron identificados con un arete numerado y de color, de acuerdo con su grupo racial. Fueron asignados a los tratamientos y alojados en jaulas individuales de 0,60, 1,30 y 0,90m, de largo, ancho y altura, respectivamente.

Los tratamientos consistieron de, sólo leche natural (I), 2/3 leche natural + 1/3 leche artificial (II), 1/3 leche natural + 2/3 leche artificial (III), y sólo leche artificial (IV). Se comparó también, estos tratamientos con el tratamiento convencional de alimentación de terneros de la Estación Experimental, con datos obtenidos de la fase anterior al experimento. Las cantidades ofrecidas de cada tratamiento fueron estimadas de acuerdo con el peso corporal del animal, en base a los requerimientos nutricionales

del ternero joven (NBC) y el programa de alimentación convencional del hato lechero de la Estación Experimental (74). Las raciones se administraron dos veces al día, en la mañana y en la tarde, de acuerdo con Barker (6) y Willet (76), y dados disueltos en agua tibia (Cuadro 3).

Cuadro 3. Cantidad de alimento administrado, datos en kilos

Tratamientos	Peso corporal					
	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50
Tratamiento I:						
Leche natural	3,00	3,50	3,70	3,80	3,90	4,00
Tratamiento II:						
Leche natural	2,00	2,30	2,46	2,52	2,60	2,66
Leche artificial	0,15	0,17	0,19	0,20	0,22	0,24
Agua tibia	1,00	1,20	1,24	1,28	1,30	1,34
Tratamiento III:						
Leche natural	1,00	1,20	1,24	1,28	1,30	1,34
Leche artificial	0,30	0,33	0,36	0,40	0,43	0,46
Agua tibia	2,00	2,30	2,46	2,52	2,60	2,66
Tratamiento IV:						
Leche artificial	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70
Agua tibia	3,00	3,50	3,70	3,80	3,90	4,00
Tratamiento convencional						
Leche natural	3,00	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50
Concentrado <sup>a/</sup>	--	--	0,20	0,40	0,60	0,80

<sup>a/</sup> Con 86 por ciento de HDT y 15 por ciento de PD. Composición por 100 kilos de mezcla: harinolina, 21,0; maíz amarillo, 66,0; harina de pescado, 11,0; harina de hueso, 1,0; sal, 1,00.

Cada tratamiento incluyó pasto fresco picado ad libitum, y cuando fueron necesarios, antibióticos y medicamentos. El experimento finalizó al alcanzar cada animal 50 kilos de peso vivo.

#### 3.4 Parámetros Evaluados

Se obtuvieron semanalmente medidas de los siguientes parámetros de crecimiento: peso corporal, perímetro torácico, altura de la cruz y largo del cuerpo.

Después del período experimental, se evaluó la eficiencia de conversión alimenticia por tratamiento, de acuerdo con la fórmula:

$$\text{Conversión alimenticia} = \frac{\text{Materia seca consumida}}{\text{Incremento en peso vivo}}$$

Diariamente se examinaron los animales por ocurrencia de enfermedades. Para el tratamiento de los animales enfermos se usaron Terramicina y Supranol (1 tableta), para la cura de diarreas, y Alcamicina (3,0 cc), para la cura de coccidiosis. Las pérdidas de unidades experimentales, ya sea por muerte o por aislamiento debido a enfermedades más graves en las primeras semanas fueron sustituidas.

Para estimar la digestibilidad aparente de los nutrimentos consumidos se realizaron pruebas de digestibilidad por colección total y por cada tratamiento.

La prueba fue conducida con un total de ocho animales, siendo dos animales por tratamiento, un macho y una hembra, con la edad aproximada de seis a siete semanas, es decir, cuando estaban aproximadamente en la mitad del período experimental.

### 3.5 Análisis Estadístico

Para el análisis estadístico de los resultados obtenidos (65), se utilizó análisis de correlación para obtener el incremento diario en los parámetros de crecimiento mediante la función  $y = a+bx$  donde "y" es el valor del parámetro de crecimiento por día, "x" la edad en días, y "b" el valor del coeficiente de regresión correspondiente al incremento diario observado. Los parámetros fueron corregidos por covariancia con el peso al nacer. El análisis de variancia se realizó de acuerdo con el modelo matemático de un diseño irrestrictamente al azar, según modelo abajo.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

$Y_{ij}$  = variable medida en el animal

$\mu$  = promedio general

$T_i$  = efecto del tratamiento "i"

$E_{ij}$  = error experimental para el tratamiento "i" y el animal "j"

### 3.6 Análisis Económico

Para el análisis económico, se utilizó un análisis de costos de crianza (5), amortizado para el período experimental correspondiente de cada tratamiento, y según modelo abajo.

$$C_c = C_f + C_v + C_m$$

$C_c$  = costos de crianza

$C_f$  = costos fijos

$C_v$  = costos variables

$C_m$  = costos adicionales por mortalidad

### 3.6.1 Costos fijos

a) Valor inicial del animal: para su estimación se consideró el precio probable de venta de terneros hembras a la semana de edad por la finca del Departamento, que fue de US \$15.10 por animal, más el interés de 8 por ciento en el período experimental correspondiente de cada tratamiento.

b) Mano de obra: se obtuvo con base al salario semanal de US \$12.34 por obrero, pero considerando el tiempo de 75 por ciento de esta mano de obra dedicado a 50 terneros.

c) Administración: se obtuvo con base al salario semanal de US \$32.48, considerando el tiempo de 10 por ciento dedicado a 50 terneros.

d) Uso de construcciones: se obtuvo con base al valor actual de US 1,000.00 del establecimiento más las jaulas usadas en el experimento (último inventario de la finca, año de 1970), amortizado en 15 años y calculado para el período experimental correspondiente a cada animal. A esta estimación se añadió el 8 por ciento de interés anual.

e) Uso de equipos: se obtuvo con base al valor actual para balanza, pala, baldes y máquina y aretes de identificación, con un monto de US \$377.65, US \$9.07 y US \$7.65 para estos equipos, respectivamente, con 10 años (balanza y máquina de identificación) y 1 año (pala, baldes y aretes) de utilidad más el 8 por ciento de interés anual.



### 3.6.2 Costos variables

Se refieren a costos de alimentación y costos de medicamentos. Los costos de alimentación se calcularon de acuerdo con el consumo de alimentos en cada tratamiento, multiplicado por el costo de cada alimento consumido, siendo estos de US\$0,12, US\$0,19 y US\$0,14 por kilo, para la leche natural, leche artificial y concentrado I, respectivamente. El costo para el consumo de pasto se estimó en US\$0,002 por animal, correspondiente a un consumo diario aproximado de 1 kilo de forraje verde.

El costo de los medicamentos se estimó de acuerdo con el número de casos de ocurrencia de enfermedades, por animal por tratamiento, multiplicado por el costo de cada unidad de medicina suministrada, siendo estos de US\$0,20 por tableta, para Supronal, Terramicina o Alcamicina.

### 3.6.3 Costo adicional por mortalidad

Para estimar este costo se consideró el porcentaje de mortalidad correspondiente a cada tratamiento, multiplicado por el costo total de crianza de cada tratamiento hasta el primer mes. Tal restricción fue aplicada debido a que todas las muertes ocurrieron dentro del primer mes de edad.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Parámetros de Crecimiento

Los promedios de incremento diario en el peso vivo, el perímetro torácico, la altura a la cruz y el largo del cuerpo, de cada animal por tratamiento, son presentados en el apéndice, Cuadro 8A. Los valores promedios de los resultados obtenidos para estos parámetros de crecimiento se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Promedios del incremento diario en los parámetros de crecimiento

Parámetros de crecimiento	Tratamientos experimentales				Tratamiento convencional
	I	II	III	IV	
Peso vivo (kg):					
Observado	0,276	0,263	0,282	0,260	0,300
Desviación estandar	0,036	0,068	0,072	0,056	0,052
Perímetro torácico (cm):					
Observado	0,202	0,186	0,173	0,162	--
Desviación estandar	0,038	0,061	0,050	0,034	--
Altura a la cruz (cm):					
Observado	0,121	0,116	0,103	0,093	--
Desviación estandar	0,030	0,060	0,041	0,035	--
Largo del cuerpo (cm):					
Observado	0,164	0,132	0,131	0,132	--
Desviación estandar	0,022	0,034	0,049	0,038	--
Peso al nacer (kg):					
Observado	24,20	25,80	26,10	23,00	22,20
Desviación estandar	4,64	3,99	4,15	4,37	3,74
Número de observaciones	10	10	10	10	40

Al ajustar por covariancia las tasas de incremento diarios de los parámetros de crecimiento evaluados con el peso al nacer, no se encontró diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) entre los promedios observados y los promedios ajustados por regresión (Apéndice, Cuadros 9A, 10A, 11A, 12A), motivo por el cual no se usaron estas correcciones. El análisis de variancia para los parámetros de crecimiento no presentó diferencias significativas en cuanto al incremento en peso vivo y altura a la cruz (Apéndice, Cuadros 13A y 15A). Sin embargo, se observó una tendencia significativa ( $P \leq 0,05$ ) para el incremento en perímetro torácico y largo del cuerpo (Apéndice, Cuadros 14A y 16A). La tendencia observada en los parámetros de crecimiento es presentada en la Figura 2. En esta figura se puede observar que por análisis de regresión las tendencias para todos los parámetros de crecimiento del esqueleto, son significativas ( $P \leq 0,05$ ). Para verificar la existencia de diferencias significativas en incremento diario en perímetro torácico y el largo del cuerpo, se hizo un análisis de rango múltiple utilizando la prueba de DMS (Diferencia Mínima Significativa), que detectó la existencia de diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) entre el tratamiento I y el tratamiento IV para estos dos parámetros, de acuerdo con el Cuadro 5.

En ritmo de crecimiento promedio de los tratamientos experimentales, comparados con el tratamiento convencional hasta los 50 kilos de peso vivo, es presentado en la Figura 3. Se puede observar que las tasas de crecimiento en peso fueron sensiblemente semejantes.

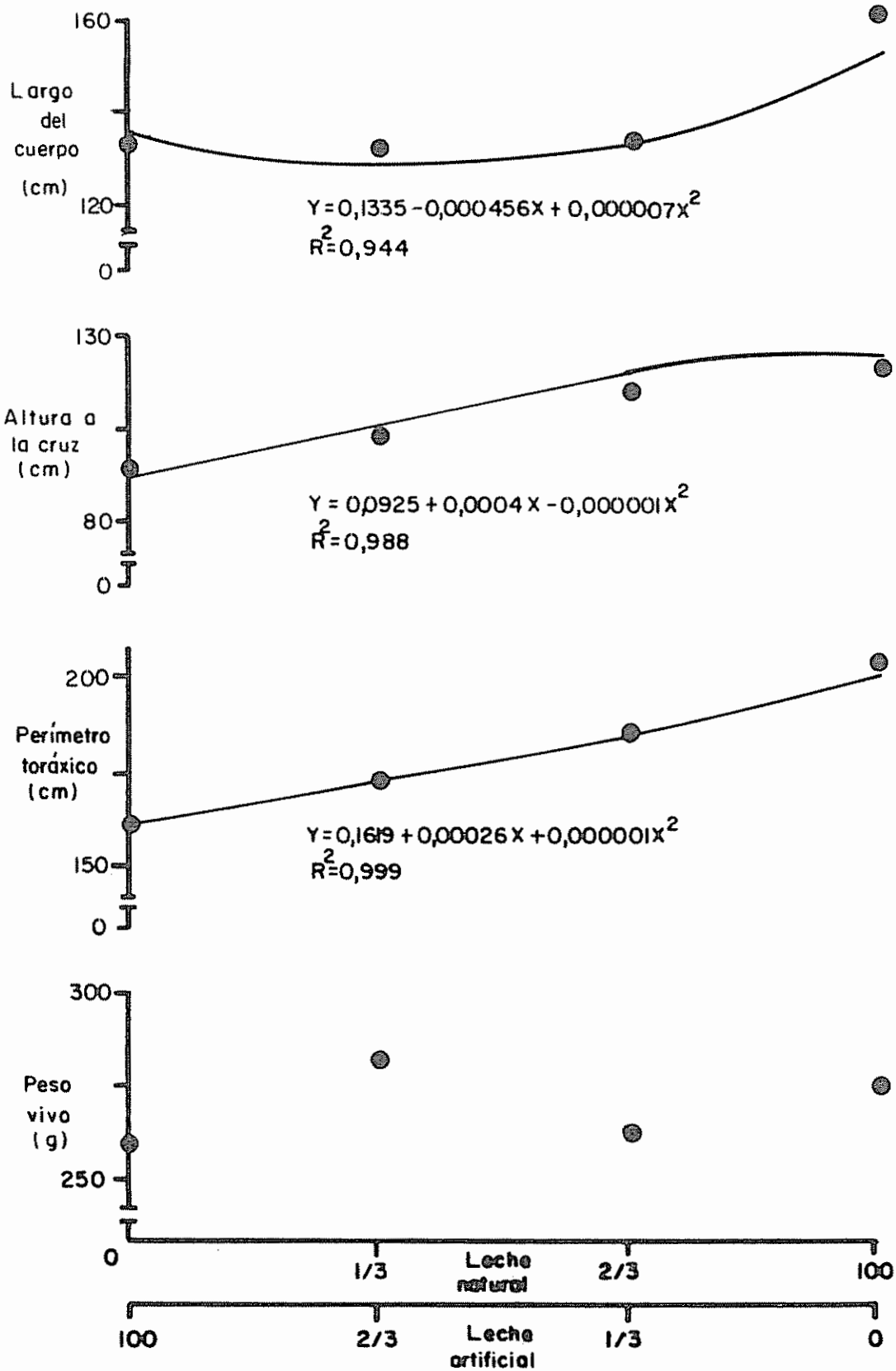


Fig. 2 Tendencia del incremento diario de los parámetros de crecimiento con el uso de leche natural y leche artificial

Cuadro 5. Prueba de rango múltiple de DMS para el incremento diario en el perímetro torácico y el largo del cuerpo, según los tratamientos experimentales

Tratamientos	Incremento perímetro torácico (cm)	Incremento largo del cuerpo (cm)	Significancia <sup>a/</sup> (P ≤ 0,05)
I	0,202	0,16 <sup>h</sup>	
II	0,186	0,132	
III	0,173	0,131	
IV	0,162	0,132	

<sup>a/</sup> Promedios comprendidos dentro de una misma línea no difieren significativamente.

El valor promedio de los parámetros de crecimiento evaluados que están presentados en el Cuadro 4 son comparables a los resultados obtenidos en pruebas llevadas a cabo en otras regiones tropicales (11, 12, 28, 33, 73). Sin embargo, los pesos corporales al nacer, que promediaron 2<sup>h</sup>,30 kilos (Cuadro 4), son definitivamente muy bajos en comparación con los valores citados en la literatura (13, 25, 38, 42, 46, 50, 62, 63, 66, 67, 71).

El promedio de incremento en peso vivo de 0,276, 0,263, 0,282, 0,260 y 0,300 kg, para los tratamientos I, II, III, IV, y convencional, respectivamente, es considerado bajo, al compararse con las normas internacionales de crecimiento para ganado lechero, citado por algunos autores (11, 12, 18, 46, 61). Esto se debe a una condición local, donde se espera un crecimiento inferior bajo condiciones ambientales tropicales. Sin embargo, estos valores son mayores que las ganancias diarias de 0,200 kg y comparables con las ganancias diarias de 0,330 kg, encontradas por Gorriil (33), en la alimentación de terneros Friesian con sólo leche natural,

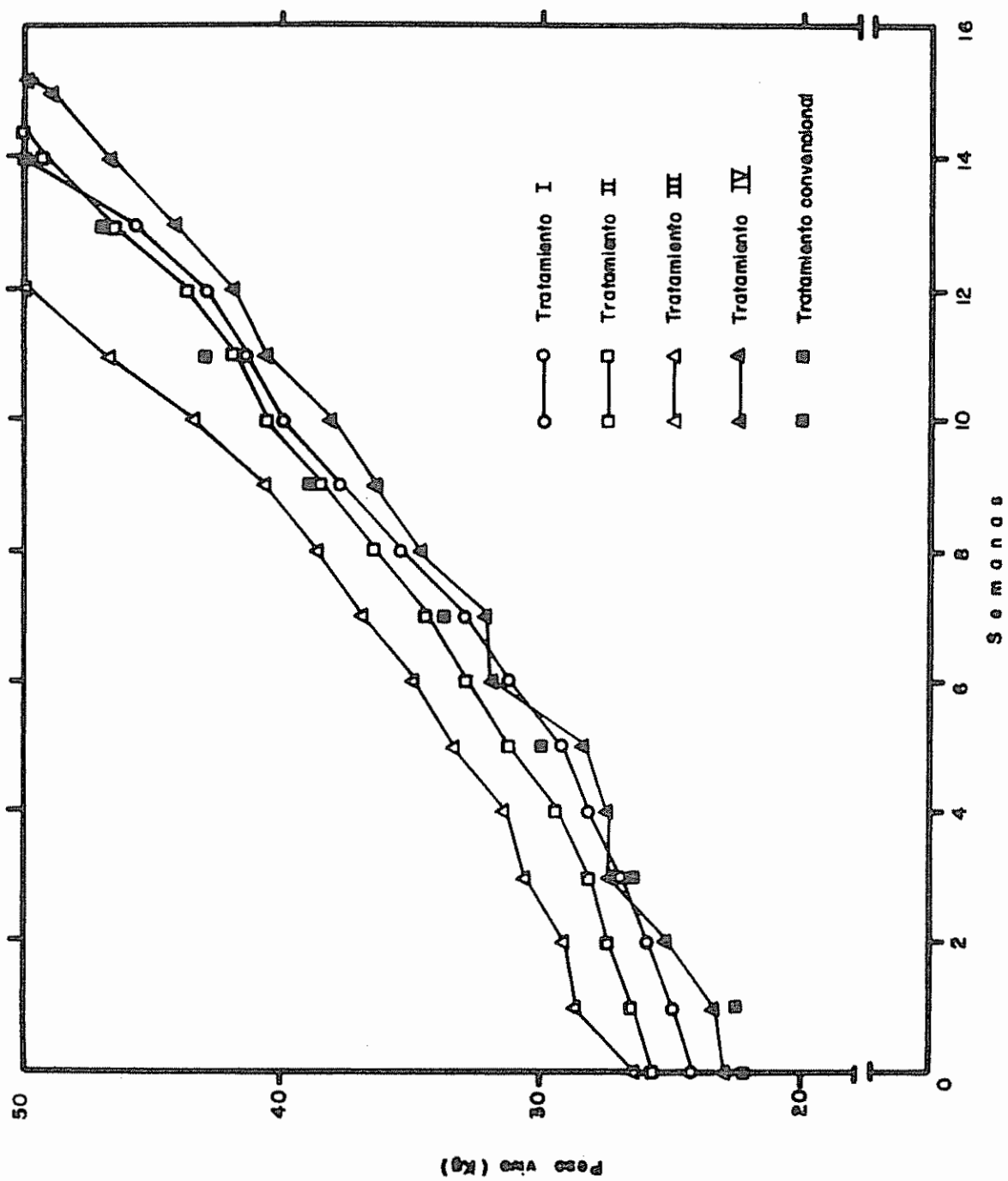


Fig. 3 Crecimiento promedio en peso vivo con el uso de leche natural y leche artificial

y sustituyendo proteína de la leche por proteína de harina de soya, respectivamente. También, estos resultados pueden ser evaluados en comparación con los valores de ganancias diarias presentadas por Fonseca (28) de 0,350 y 0,310 kg, en la alimentación de terneros Jersey con un reemplazante comercial y un reemplazante experimental, respectivamente. Otros autores, como Zamora (78) presentan semejantes resultados de ganancia diaria de 0,300 y 0,330 kg, en la alimentación de terneros Jersey usando leche descremada en polvo y un reemplazante de la leche, respectivamente.

En lo que se refiere a los otros parámetros de crecimiento estudiados, los valores promedio observados para el perímetro torácico, altura a la cruz y largo del cuerpo, respectivamente, fueron más bajos que los valores presentados por Butterworth (11) siendo éstos 0,230, 0,175 y 0,195, a los 8<sup>o</sup> días de edad con terneros Holstein. Sin embargo, los valores observados en el presente trabajo, pueden compararse con el aumento diario citado por Fonseca de 0,134 y 0,125 cm, para el perímetro torácico y la altura a la cruz, respectivamente, en 56 días de experimento, con el empleo de terneros Jersey.

La diferencia estadísticamente significativa, detectada al comparar los promedios del incremento en el perímetro torácico y el largo del cuerpo, entre el tratamiento I y IV, aunque siendo analíticamente iguales la leche natural y la leche artificial, este comportamiento diferente puede ser debido a una disponibilidad de nutrimentos en la leche natural más adecuada para ser retenidos por el organismo, es decir, con mejor valor biológico, principalmente en lo que se refiere a los aminoácidos esenciales.

Es necesario resaltar la muy temprana edad que los terneros empezaron a recibir la leche artificial (tratamiento IV), los cuales no tienen hasta el primer mes de vida, el sistema enzimático desarrollado (1, 43, 54, 60, 61). Después del período de ingestión del calostro, el ternero ya se encuentra provisionado en lipasa, lactasa y pepsina (1, 18, 47, 48, 57, 61). En consecuencia, hasta las cuatro primeras semanas de vida, el ternero sólo es capaz de digerir las grasas, la lactosa, las proteínas de peso molecular medio y los monosacáridos. En cambio, la amilasa, maltosa y sacarosa solo aparecen en niveles funcionales después del primer mes, aumentando después de las siete semanas de edad (61). En consecuencia la capacidad del ternero pre-rumiante para digerir el almidón y otros carbohidratos presentes en dietas sin leche natural es muy reducida (1, 23, 47, 57, 60, 61).

#### 4.2 Consumo y Conversión de Alimentos

El consumo promedio y conversión de alimentos se presentan en el Cuadro 6. Se puede observar que el consumo de materia seca por ternero tuvo un promedio de 40,64, 46,06, 40,18, 53,76 y 65,29 kilos, que corresponden al consumo promedio diario de 0,42, 0,47, 0,48, 0,51 y 0,67 kilos por ternero, para los tratamientos I, II, III, IV y convencional, respectivamente. Estos valores son inferiores a los valores de consumo de materia seca presentados por Roy (60, 61) de 0,68 a 1,36 kilos, para terneros lecheros hasta los 50 kilos de peso vivo, pero pueden ser comparables con los valores presentados por Zamora (78) de 0,48 kilos diarios hasta 84 días de edad.



Cuadro 6. Promedios en kilos del alimento consumido y conversión de alimentos, por animal por tratamiento, para el período experimental correspondiente

Alimentos consumidos	Tratamientos experimentales				Tratamiento convencional <sup>a/</sup>
	I	II	III	IV	
Leche natural	338,70	237,52	100,40	--	333,11
Desviación estandar	52,93	47,92	19,04	--	40,74
Materia seca	40,64	28,50	12,05	--	39,97
Leche artificial	--	19,15	30,68	58,63	--
Desviación estandar	--	4,32	5,85	13,21	--
Materia seca	--	17,56	28,13	53,76	--
Concentrado	--	--	--	--	28,84
Desviación estandar	--	--	--	--	8,07
Materia seca	--	--	--	--	25,32
Total materia seca <sup>b/</sup>	40,64	46,06	40,18	53,76	65,29
Conversión	1,54	1,99	1,82	1,98	2,30
Desviación estandar	0,22	0,73	0,56	0,44	0,60
Proteína digestible	10,16	11,71	11,16	15,59	13,79
NDF	52,83	55,87	52,70	69,78	75,71
Número observaciones	10	10	10	10	40

<sup>a/</sup> Se consideró que todo alimento ofrecido fue consumido

<sup>b/</sup> Materia seca al aire, no incluye consumo de pasto

Para producir un kilo en peso vivo se necesitó de 1,54, 1,99, 1,82, 1,98 y 2,30 kilos de materia seca consumida, correspondiente a los tratamientos I, II, III, IV y convencional, respectivamente. Estos valores de conversión alimenticia son considerados buenos, al compararse con los resultados presentados por Butterworth (12) de 3,89, 3,70 y 4,49 kilos para terneros Holstein en 14 semanas,

con raciones conteniendo 0, 10 y 20 por ciento de melaza, respectivamente. Posiblemente esto sea debido al mejor balanceamiento de las dietas experimentales, requiriéndose en consecuencia cantidades menores de alimento por animal.

### 4.3 Digestibilidad Aparante

La composición química de los ingredientes de las dietas usadas en la prueba de digestibilidad se presentan en el Cuadro 7. Los coeficientes de digestibilidad aparente son presentados en el Cuadro 8.

Cuadro 7. Composición química de los alirentos. Datos en base seca.

Nutrientos	Leche natural <sup>b/</sup>	Leche artificial <sup>c/</sup>	Pasto pangola <sup>c/</sup>
Materia seca <sup>a/</sup> (%)	12,0	91,7	23,5
Proteína cruda (%)	25,0	29,0	11,8
Fibra cruda (%)	0,0	5,5	18,8
Extracto etéreo (%)	30,8	27,0	5,5
Ceniza (%)	5,6	14,0	11,8
Extracto no nitrogenado (%)	36,6	24,5	52,1
Cálcio (%)	1,00	2,00	0,94
Fósforo (%)	0,75	1,78	0,54

<sup>a/</sup> Materia seca al aire.

<sup>b/</sup> De acuerdo con el Cuadro 1A, apéndice.

<sup>c/</sup> De acuerdo con análisis de laboratorio.

Unicamente, la digestibilidad del extracto etéreo fue significativamente diferente entre los tratamientos. Los animales asignados al tratamiento IV, presentaron el más alto promedio de digestibilidad de la grasa, siendo este de 95,50 por ciento, versus

Cuadro 3. Coeficientes de digestibilidad aparente, en porcentaje.

Nutrimentos	Tratamientos				Significancia (P)
	I	II	III	IV	
Materia seca	92,45	83,35	86,75	87,50	0,817
Desviación estandar	4,7 <sup>h</sup>	5,4 <sup>h</sup>	4,03	8,3 <sup>h</sup>	
Proteína cruda	80,90	74,90	74,10	77,35	0,643
Desviación estandar	1,27	2,5 <sup>h</sup>	0,28	10,4 <sup>0</sup>	
Fibra cruda	94,30	80,00	96,95	79,65	1,146
Desviación estandar	6,08	4,67	2,05	16,4 <sup>7</sup>	
Extracto etéreo	87,25	85,40	89,20	95,50*	8,675
Desviación estandar	2,19	2,97	1,13	1,70	
Ceniza	93,00	77,20	87,30	83,60	2,704
Desviación estandar	0,71	3,11	4,67	9,90	
Extracto no nitrogenado	69,25	33,90	25,75	37,60	0,875
Desviación estandar	2,62	22,78	2,19	31,96	
Calcio	87,30*	42,70	31,00	34,10	10,321
Desviación estandar	0,71	18,52	4,10	48,15	
Fósforo	91,35	80,50	79,05	58,50	3,127
Desviación estandar	1,63	9,76	4,31	19,10	
Número de terneros	2	2	2	2	--

\* Significativo (P = 0,05).

87,25, 85,40 y 89,20 por ciento para los tratamientos I, II y III, respectivamente. La causa de esto es discutido. Posiblemente sea debido a un mayor apetito para consumir el pasto, observado en los tratamientos con leche natural, disminuyendo en consecuencia, la utilización aparente de la grasa en estos tratamientos. Este valor de la digestibilidad aparente de la grasa para el tratamiento IV es comparable con los valores presentados por

Amich-Gali (3) de 90,0 por ciento, para reemplazantes de leche con 18,0 por ciento de sebo y usando terneros de 60 días de edad. Roy et al. (63) presenta valores de 94,0, 94,6 y 92,0 por ciento de digestibilidad, para reemplazantes de leche con 20,8, 29,2, 27,5 por ciento de sebo, respectivamente, y usando terneros de 10 semanas de edad. Los valores de digestibilidad de la materia seca de 92,45, 83,35, 86,75 y 87,50 por ciento, para los tratamientos I, II, III y IV, respectivamente, son superiores a los presentados por Hodgson (35) de 60,0 y 54,5 por ciento, pero, comparables con los resultados presentados por Stobo (67) de 80,8 y 78,7 por ciento y por Roy (63) de 96,6, 96,4 y 95,8 por ciento, para dietas concentradas.

La digestibilidad estimada para los otros nutrimentos fue más alta al compararse con los valores presentados por Stobo (67) de 80,0, 9,5, 65,0 y 87,0 por ciento para la proteína cruda, fibra cruda, extracto etéreo y extracto no nitrogenado, respectivamente, para terneros con 16 semanas de edad. Sin embargo, los valores encontrados son comparables con los presentados por Roy (62, 63) de 93,0 y 85,0 por ciento para la proteína y ceniza, respectivamente, para terneros con 10 semanas de edad.

#### 4.4 Ocurrencias de Enfermedades y Mortalidad

La incidencia de enfermedades fue más marcada al principio del experimento que al final, debido principalmente a una ineficiente sanidad inicial, como consecuencia de una superpoblación de terneros en el mismo establo. Además, en este período se observó algunos casos de caída del pelo de animales en el tratamiento

con sólo leche artificial (tratamiento IV). La literatura (57) sugiere que la leche entera de vaca, si es que es digerida normalmente, proporcionará todos los requerimientos nutritivos del ternero pre-rumiante, con la posible excepción de magnesio y talvez calcio, fósforo, hierro y cobre. Se sospechó que la caída del pelo se debía a una deficiencia en cobre, por lo que se hizo la suplementación de este mineral con sulfato de cobre a razón de 10 mg de cobre por día durante diez días (60, 61), sin resultados positivos. Los casos de ocurrencia de enfermedades son reportados en el Cuadro 9.

La mayor ocurrencia de diarrea en el tratamiento con sólo leche artificial (tratamiento IV), puede ser debida al alto tenor en sebo. Posiblemente este sebo no fue correctamente emulsificado, por tener partículas de grasa mayores que 3 a 4 micras de diámetro, lo que según Bate et al. (8), Huff et al. (38) y Kastehe et al. (43) causa diarrea y pérdida del pelo durante las tres primeras semanas. Iadrat y Jousellin (44), suministraron a terneros, un reemplazante de leche formulado con sebo animal (20,0%), sin detectar diferencias significativas en la frecuencia de diarrea. Sin embargo, para Roy (60, 61) la ocurrencia de diarrea en terneros jóvenes está asociada con el rápido pasaje de alimento líquido del abomaso sin suficiente digestión gástrica. La pérdida del pelo ha sido también observada por Roy (61) cuando los reemplazantes de leche contienen más de 20 por ciento de grasa, siendo causada por la absorción de componentes grasos no fisiológicos. Estos componentes son excretados a través de las glándulas sebáceas, provocando la aparición de pelos ásperos y bajo ritmo de

Cuadro 9. Número de casos de ocurrencia de enfermedades

Ocurrencia de enfermedades	Tratamientos			
	I	II	III	IV
Diarrea <sup>a/</sup>				
Total observado	10,0	18,0	6,0	18,0
Promedio observado	1,0	1,8	0,6	1,8
Desviación estandar	1,5	1,7	1,0	1,5
Número de animales	10	10	10	10
Coccidiosis	5,0	1,0	1,0	1,0
Neumonía	1,0	1,0	--	1,0
Sarna	--	2,0	--	--
Tirpanismo	--	--	1,0	--
Número de animales <sup>b/</sup>	11	13	12	14

<sup>a/</sup> Presentó diferencias significativas entre tratamientos por la prueba de Chi-cuadrado ( $P \leq 0,05$ ), (Apéndice, Cuadro 17A)

<sup>b/</sup> Incluye animales muertos.

crecimiento. También, Berner (9) señala que es conveniente ofrecer mezclas grasas para terneros, que se parezcan a la grasa de la leche natural (grasas homólogas), lográndose esto con la adición de sebo animal. Sin embargo, puede ocurrir diarrea, flatulencia y muerte repentina de origen cardiaco, debido al elevado punto de fusión del sebo (43 grados centígrados), y al contenido en ácidos grasos de cadena larga (linólico, palmítico y estéarico) existentes en el sebo. Para otros autores (1, 2, 3, 22, 63), la función de la grasa animal es fundamental en las fórmulas de los reemplazantes de leche, tanto por motivo de orden dietético y económico, como por su efecto en reducir la frecuencia de diarreas

y aumentar el índice de retención proteica en el animal. Los casos de ocurrencia de mortalidad se presentan en el apéndice, Cuadro 18A, siendo 9,10, 23,08, 16,67, 28,57 y 5,0 por ciento para los tratamientos I, II, III, IV y convencional, respectivamente. Estos casos de mortalidad en los tratamientos experimentales no fueron significativos (Apéndice, Cuadro 15A), pero son elevados al compararse con el porcentaje normal de 5 por ciento, aproximadamente, encontrado en la literatura (1, 18, 60, 61). La casi totalidad de estas mortalidades ocurrieron en el primer mes de vida de los terneros, coincidiendo con el período crítico de ineficiente sanidad y de mayor frecuencia de ocurrencia de enfermedades. Es probable que la deficiencia de calostro durante este período haya sido también una causa de este alto porcentaje de mortalidad, de acuerdo con los casos estudiados por Roy (60, 61) y De Alba (18).

#### 4.5 Análisis Económico de Costos

El análisis económico de costos fue hecho para conocer el costo de la crianza de terneros por tratamiento, hasta los 50 kilos de peso vivo. Los valores promedio de los costos de alimentación se presentan en el Cuadro 10. Los detalles del costo de crianza, por animal por tratamiento hasta el peso final, se encuentran en el apéndice (Cuadros 20A, 21A, 22A, 23A y 24A). El costo promedio de crianza por tratamiento se presenta en el Cuadro 11.

Según se puede ver en el Cuadro 11, al considerar todos los costos, la alimentación significó el 61,3, 53,0, 41,9, 30,1 y 64,0

Cuadro 10. Costos de alimentación, datos en US\$ por animal

Alimentos	Tratamientos				
	I	II	III	IV	Convencional
Leche natural	40,64	27,86	12,02	--	40,00
Leche artificial	--	3,60	5,75	11,13	--
Pasto	0,92	0,92	0,89	0,93	0,92
Concentrado I	--	--	--	--	4,00
Total	41,56	32,38	18,54	12,06	44,92
Desv. estandar	6,39	8,03	3,61	2,55	5,54
Número de animales	10	10	10	10	10

por ciento del costo final de crianza. La leche natural representó el 97,8, 86,0, 64,8, 0,0 y 89,0 por ciento de estos costos, para los tratamientos I, II, III, IV y convencional, respectivamente. Es evidente que una excesiva cantidad de leche natural para la alimentación de terneros, como la usada en el tratamiento convencional, contribuye enormemente sobre el costo total de la crianza, lo que explica que la crianza de terneros es altamente costosa, prefiriéndose en la práctica sacrificar o vender los animales machos al nacimiento. Sin embargo, al sustituir la leche natural por la leche artificial, se observa un descenso importante en los costos de alimentación y, consecuentemente, en los costos totales de crianza.



Cuadro 11. Costo total de crianza, datos en US\$ por animal.

Costos	Tratamiento I Promedio (%) <sup>a</sup> / Promedio (%) <sup>b</sup>	Tratamiento II Promedio (%) <sup>a</sup> / Promedio (%) <sup>b</sup>	Tratamiento III Promedio (%) <sup>a</sup> / Promedio (%) <sup>b</sup>	Tratamiento IV Promedio (%) <sup>a</sup> / Promedio (%) <sup>b</sup>	Tratamiento C <sup>a</sup> / Promedio (%) <sup>b</sup>					
Costos fijos	24,01	35,4	24,01	39,3	22,91	51,8	24,76	61,3	24,01	34,2
Animales	15,43	24,0	15,43	26,7	15,38	36,9	15,45	47,7	15,43	23,2
Mano de obra	2,70	4,0	2,70	4,4	2,31	5,2	2,89	7,2	2,70	3,8
Administración	0,91	1,3	0,91	1,5	0,78	1,8	0,97	2,4	0,91	1,3
Construcciones	3,58	5,3	3,58	5,9	3,07	6,9	3,54	9,6	3,58	5,1
Equipos	0,51	0,8	0,51	0,8	0,44	1,0	0,55	1,4	0,51	0,8
Costos variables	41,97	61,9	33,05	54,1	18,88	42,7	12,45	31,1	45,12	64,3
Alimentación	41,56	61,3	32,38	53,0	18,54	41,9	12,06	30,1	44,92	64,0
Medicamentos	0,41	0,6	0,67	1,1	0,34	0,8	0,39	1,1	0,20	0,3
Mortalidad	1,82	2,7	4,00	6,6	2,45	5,5	3,04	7,5	1,05	1,5
Total	66,92	100,0	60,20	100,0	43,31	100,0	39,15	100,0	69,30	100,0
Desv. estandar	7,78	--	9,38	--	4,95	--	4,66	--	6,50	--
Número animales	10	--	10	--	10	--	10	--	40	--

a/ Tratamiento convencional

b/ Porcentaje de incidencia sobre el costo total de crianza

#### 4.6 Discusión General

Según se discutió la leche artificial no produjo respuestas iguales a las obtenidas con la leche natural, a pesar que las características químicas aproximadamente iguales a la leche natural, cuando los parámetros de evaluación fueron el perímetro torácico y el largo del cuerpo. Esto quiere decir que los terneros alimentados con sólo leche artificial presentan un crecimiento desuniforme del esqueleto, en comparación con terneros alimentados con dietas de sólo leche natural. Además al sustituir la leche natural por la leche artificial en los tratamientos, se observó disminuciones graduales en el incremento diario de los parámetros de crecimiento evaluados (Figura 2). Los valores encontrados para la digestibilidad del calcio y fósforo (Cuadro 3) pueden claramente justificar la tendencia observada para estos parámetros. Es decir, siendo estos minerales los componentes básicos de la estructura ósea, es lógico asociar que, para una baja utilización de estos minerales, corresponde un bajo crecimiento del esqueleto. Posiblemente, también, el hecho de suministrar una dieta alta en sebo, provocó el decrecimiento de la digestibilidad del calcio, por la formación de jabones insolubles en el tracto digestivo (21). Sin embargo, con respecto a la eficiencia económica, se observó un decrecimiento evidente en los costos de alimentación y en los costos de crianza, al sustituir la leche natural por la leche artificial en los tratamientos.

Al analizar también los resultados obtenidos relacionándolos con los objetivos específicos de este trabajo, se puede decir, que resultó factible el uso de los ingredientes evaluados. Es

probable, que al mejorar la forma física de estos ingredientes usados para formular la leche artificial, se obtenga mejores resultados. Es decir, con el uso de harina de soya altamente cocinada (57), con mejores condiciones físicas de la harinolina para un aprovechamiento más eficiente por el ternero joven, debido a que se observó pequeñas partículas indigestibles de ésta en las heces al hacerse los análisis de laboratorio, y con el uso del sebo animal correctamente emulsificado (1, 8, 38, 46, 61, 62, 63). Por último, con una metodología más eficiente para la incorporación del sebo en la mezcla, se puede obtener mejores resultados. Quizás, el método de mezclado por pulverización en una mezcladora de turbulencia (1), sea el de mayores ventajas, porque protege las partículas de grasa del fenómeno de oxidación y dan a la mezcla una consistencia seca.

De lo expuesto, se deduce que una sustitución parcial de la leche natural, fue el método que presentó mejores ventajas biológico-económicas. Con miras a esto, la producción de leche de segunda (vacas con mastitis, en inicio de lactación, etc.) en las lecherías comerciales, puede tener una aplicación bien valorada en dietas mixtas con leches artificiales, como alimento para terneros desde una semana de edad, como se ha demostrado en la presente investigación.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Tomando en cuenta las condiciones climáticas, de manejo y de alimentación, bajo las cuales se llevó a cabo la presente investigación, se pueden formular las siguientes conclusiones y recomendaciones:

1. A juzgar por la semejanza en ganancia diario de peso, la sustitución de leche natural por leche artificial no significó una reducción en la disponibilidad de nutrimentos para la síntesis de tejidos blandos.
2. El hecho de que el esqueleto creció en tendencia decreciente con el aumento en el nivel de la leche artificial, implica que el sebo puede estar interfiriendo con algún factor, que posiblemente sea la utilización del calcio y fósforo. Los aumentos en excreción fecal de calcio y fósforo, al aumentar el nivel de leche artificial, están de acuerdo con esta propuesta.
3. Mientras no sea resuelto el problema observado con el crecimiento del esqueleto, y la mayor incidencia de enfermedades, no se puede aún recomendar el uso de dietas de sólo leche artificial, aunque esta se puede emplear en dietas mixtas con leche natural, con ventajas en la eficiencia económica.
4. Se recomienda hacer más estudios sobre el uso de niveles de sebo y de calcio en los reemplazates de leche, y sus interferencias con el desarrollo del esqueleto del ternero joven.

## 6. RESUMEN

El presente trabajo fue realizado en la Finca Experimental y Laboratorios del Departamento de Ganadería Tropical del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, en Turrialba, Costa Rica. El objetivo principal fue el evaluar la eficiencia biológica y económica de leche artificial optimizada (minimizada) por programación lineal, en terneros de lechería, bajo condiciones tropicales.

Se utilizó el criterio de igual composición química de la leche natural de vaca, para obtener el menor costo de la leche artificial por la técnica de programación lineal. Se obtuvo una mezcla compuesta de: harina de soya, 11,93 kg; harinolina de algodón, 30,64 kg; harina de pescado, 18,84 kg; harina de hueso, 0,59 kg; sebo animal, 23,00 kg y melaza de caña 10,00 kg; más sal común, 1,00 kg y mezcla mineral y vitamínica, 2,00 kg, para el balance final en minerales y vitaminas.

Para la prueba de alimentación, se utilizaron 40 terneros recién nacidos producto del cruzamiento de varias razas lecheras, distribuidos en un diseño irrestrictamente al azar, en cuatro tratamientos, con igual número de machos y hembras para cada tratamiento. Los tratamientos consistieron de, sólo leche natural (I), 2/3 de leche natural + 1/3 de leche artificial (II), 1/3 de leche natural + 2/3 de leche artificial (III), y sólo leche artificial (IV), hasta alcanzar cada animal 50 kilos de peso vivo. Se compararon también estos tratamientos con el método de alimentación convencional de terneros en el Departamento, consistente en leche

natural y un concentrado a base de maíz. Cada tratamiento incluyó pasto fresco picado ad libitum y, cuando fueron necesarios, antibióticos y medicamentos.

El consumo promedio diario de materia seca por ternero fue de 0,42, 0,47, 0,48, 0,51, y 0,67 kilos, que corresponden a valores de 1,54, 1,99, 1,82, 1,98 y 2,30 kilos de materia seca consumida para producir un kilo de peso vivo para los tratamientos I, II, III, IV y convencional, respectivamente.

No se encontró diferencias significativas ( $P \neq 0,05$ ) en cuanto al incremento diario en el peso vivo y altura a la cruz. Sin embargo, tanto el perímetro torácico como el largo del cuerpo fueron diferentes entre tratamientos ( $P \neq 0,05$ ). Un análisis de regresión demostró que estos dos últimos parámetros y la altura a la cruz decrecían, con una tendencia altamente confiable, a medida que aumentaba el nivel de la leche artificial en la dieta.

El número de casos de ocurrencia de enfermedades (principalmente diarreas) fue significativamente más elevado ( $P \neq 0,05$ ) para los tratamientos II y IV, siendo más marcada al principio del período experimental. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas ( $P \neq 0,05$ ) en la ocurrencia de mortalidad, entre tratamientos experimentales.

El costo promedio de crianza por ternero, incluyendo los costos fijos, costos variables, y costos adicionales por mortalidad, fue de US\$66,92, US\$60,20, US\$43,31, US\$39,19 y US\$69,30, representando la alimentación el 61,3, 53,0, 41,9, 30,1 y 64,0 por ciento de estos costos, para los tratamientos I, II, III, IV y convencional, respectivamente. Para estos cálculos se usaron los

costos vigentes en Costa Rica, y un tipo de cambio oficial del dólar equivalente a US\$1,00 = ₡6,62.

Del estudio se concluyó que el crecimiento del esqueleto se vió afectado negativamente por aumentos en el nivel de leche artificial, implicando que el sebo puede estar interfiriendo con la utilización del calcio. La excreción fecal de calcio aumentó significativamente al incluirse sebo en la dieta. Sin embargo, y hasta que se solucione el problema del desarrollo óseo, es posible emplear cantidades limitadas de leche artificial en dietas mixtas con leche natural, con ventajas en la eficiencia económica.

## 6a. RESUMO

O presente trabalho foi realizado na Estação Experimental e Laboratorios do Departamento de Ganadería Tropical do Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas da OEA, em Turrialba, Costa Rica. O objetivo principal foi avaliar a eficiencia biológica e econômica de leite artificial otimizado por programação linear, em bezerros de leiteria, sob condições tropicais.

Se utilizou o criterio de igual composição química do leite natural de vaca, para obter o menor custo do leite artificial pela técnica de programação linear. Depois das operações de cômputo, obteve-se uma mescla composta de: farinha de soja, 11,93 kg; farinha de algodão, 30,6<sup>4</sup> kg; farinha de peixe, 18,8<sup>4</sup> kg; farinha de osso, 0,59 kg; sebo animal, 28,00 kg; e melação de cana, 10,00 kg; mais sal comun, 1,00 kg e mescla mineral e vitaminica, 2,00 kg, para o balance final em minerais e vitaminas.

Para a prova de alimentação, utilizaram-se 40 bezerros recém nascidos produto do cruzamento de varias raças leiteiras, distribuídos em um delineamento completamente ao acaso, em quatro tratamentos, com igual número de machos e fêmeas para cada tratamento. Os tratamentos consistiram de, sómente leite natural (I), 2/3 de leite natural + 1/3 de leite artificial (II), 1/3 de leite natural + 2/3 de leite artificial (III), e sómente leite artificial (IV), até alcançar cada animal 50 kilos de peso vivo. Se compararam também, êstes tratamentos com o método de alimentação convencional de bezerros no Departamento, consistindo em leite natural e um concentrado a base de milho. Cada tratamento incluiu pasto



fresco triturado ad libitum e, quando foram necessários, antibióticos e medicamentos.

O consumo médio diário de matéria sêca foi de 0,42, 0,47, 0,48, 0,51, e 0,67 kilos, que corresponde a valores de 1,5<sup>h</sup>, 1,99, 1,82, 1,98 e 2,30 kilos de matéria sêca consumida para produzir um kilo em peso vivo, para os tratamentos I, II, III, IV e convencional, respectivamente.

Não encontraram-se diferenças significativas ( $P \leq 0,05$ ) em quanto ao incremento diário em peso vivo e altura na cruz. Sem embargo, tanto o perímetro torácico como o comprimento do corpo foram diferentes entre tratamentos ( $P \leq 0,05$ ). Um análise de regressão demonstrou que êstes dois últimos parâmetros e a altura na cruz decresciam, com uma tendência altamente confiável, a medida que aumentava o nível de leite artificial na dieta.

O número de casos de ocorrência de enfermidades (principalmente diarreias) foi significativamente mais elevado ( $P \leq 0,05$ ) para os tratamentos II e IV, sendo mais marcada ao início do período experimental. Sem embargo, não encontraram-se diferenças significativas ( $P \leq 0,05$ ) na ocorrência de mortalidades, entre os tratamentos experimentais.

O custo médio de cria por bezerro, incluindo os custos fixos, custos variáveis, e custos adicionais por mortalidade, foi de US\$66,92, US\$60,20, US\$43,31, US\$39,19 e US\$69,30, sendo que a alimentação representou um 61,3, 53,0, 41,9, 30,1 e 64,0 por cento dêstes custos, para os tratamentos I, II, III, IV e convencional, respectivamente. Para êstes cálculos usaram-se os custos vigentes em Costa Rica, e um tipo de cambio oficial do dólar equivalente

a US\$1,00 = Ø6,62.

Do estudo concluiu-se que o crescimento do esqueleto viu-se afectado negativamente pelos aumentos no nível do leite artificial, implicando que o sebo animal pode estar interferindo com a utilização do cálcio. A excreção fecal de cálcio aumentou significativamente ao incluir-se sebo na dieta. Sem embargo, e até que se solucione o problema do desenvolvimento do esqueleto, é possível empregar quantidades limitadas do leite artificial em dietas mistas com leite natural, com vantagem na eficiência econômica.

## 6b. SUMMARY

The study reported herein was conducted at the Experiment Station of the Departamento of Tropical Animal Production, Inter-American Institute of Agricultural Sciences, OAS, in Turrialba, Costa Rica. The main objective of the study was the biological and economical evaluation of an artificial milk, optimized by linear programming, using dairy calves under tropical conditions.

The criterion of equal chemical composition to cow milk was used to obtain the least cost artificial milk. As a result, the following ingredients were used in the proportions indicated: soybean meal, 11.93; cottonseed meal, 30.64; fishmeal, 18.84; bone meal, 0.59; tallow, 28.00; and blackstrap molasses, 10.00. For every one-hundred kg of this mixture, 1.00 kg of salt and 2.00 kg of a mineral and vitamin premix were added.

During the feeding trial, 40 newborn crossbred dairy calves were equally divided in four treatments in a completely randomized design. Within each treatment, half the calves were male and half female. The treatments were: only cow milk (I), 2/3 cow milk + 1/3 artificial milk (II), 1/3 cow milk + 2/3 artificial milk (III), and only artificial milk (IV). These diets were given until the calves reached 50 kg liveweight. For comparison purposes, data were obtained of calves raised at the Experiment Station on a conventional feeding regime which consisted of cow milk and a corn-based concentrate. Each treatment, and the conventional feeding system, included freshly cut grass in ad libitum amounts. Antibiotics and veterinary products were employed when necessary.

The daily dry matter consumption per calf was: 0.42, 0.47, 0.48, 0.51, and 0.67 kr, corresponding to dry feed conversion values of 1.54, 1.99, 1.82, 1.98 and 2.30, for treatments I, II, III, IV and conventional, respectively.

No significant differences ( $P \leq 0.05$ ) were found with regard to daily increments in body weight and height at withers. However, the daily increase in both heart girth and body length was significantly greater ( $P \leq 0.05$ ) in animals receiving treatment I than those in treatment IV.

Regression analysis on growth data revealed highly reliable tendencies toward decrements in daily gains in all parameters, except daily weight gain, as the level of artificial milk increased.

The incidence of diarrhea was greatest ( $P \leq 0.05$ ) for treatments II and III with most of the cases occurring at the very beginning of the experiment. However, the number of deaths were not different among the treatments.

The average total costs for raising calves to 50 kg bodyweight were: US\$66.92, 60.20, 43.31, 39.19, and 69.30, for treatments I, II, III, IV, and conventional, respectively. The cost of feed alone amounted to 61.3, 53.0, 41.9, 30.1, and 64.0%, of the total cost for treatments I, II, III, IV, and conventional, respectively.

It was concluded that the effect of artificial milk was determined to skeleton development. This negative effect was probably due to an interference of tallow with the absorption of calcium since, more calcium was excreted in the feces as the level of

artificial milk (tallow) increased. Nevertheless, limited amounts of artificial milk could conceivably be used, in conjunction with natural milk, in order to reduce the feeding cost.

## 7. LITERATURA CITADA

1. AMICH-GALI, J. Reemplazantes de leche para el ganado. Barcelona, Eopro, 1970. 192 p.
2. \_\_\_\_\_ y ROGNONI, G. Investigaciones sobre nuevos aspectos del uso de las grasas en los reemplazantes de leche. In \_\_\_\_\_ . Reemplazantes de leche para el ganado. Barcelona, Eopro, 1970. pp. 127-147.
3. \_\_\_\_\_ y ROSSI, J. Investigaciones sobre la energía productiva de las grasas en los reemplazantes de leche. In \_\_\_\_\_ . Reemplazantes de leche para el ganado. Barcelona, Eopro, 1970. pp. 97-125.
4. AVILA, E., CUCA, H. y AGUILERA, A. Estudios con niveles de energía, utilizando dietas obtenidas por programación lineal. Técnica Pecuaria en México no. 12-13:12-18. 1969.
5. BAGLINA, A. L. et al. Aspectos de la crianza de terneros en la provincia de Santiago. Agricultura Técnica (Chile) 30(4): 196-202. 1970.
6. BARKER, D. J. Once daily calf feeding lowers rearing costs. Journal of Agriculture Western Australia 11(5):107. 1970.
7. \_\_\_\_\_. Dry supplements reduce labour and cost of calf rearing. Journal of Agriculture Western Australia 11(5): 108-109. 1970.
8. BATE, W., ESPE, D. y CANNON, C. Y. Influence of homogenization of fat on haircoat on dairy calves. Journal of Dairy Science 29(1):41-43. 1946.
9. BERNER, U. D. Experiencias sobre alimentación y manejo de terneros de cría y engorde. Campaña Ahora (República Dominicana) 2(19):39-44. 1968.
10. BROKKEN, R. P. Programming models for use of the Lfgreen-Garrett net energy system in formulating rations for beef cattle. Journal of Animal Science 32(4):685-691. 1971.
11. BUTTERWORTH, M. H. y BUENO, V. S. Destete precoz de becerros bajo condiciones desfavorables: el uso de la harina de algodón como fuente principal de proteína. Turrialba 20(3): 322-324. 1970.
12. \_\_\_\_\_ y CARDENAS, E. Destete precoz de becerras bajo condiciones desfavorables: el uso de melaza y algunos efectos de temperatura. Turrialba 20(4):452-455. 1970.

13. CAMPINO, E. et al. Crianza de terneros con sustitutos de leche. Santiago, Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía, 1963. 21 p.
14. COLINO, D. Cría artificial del ternero de leche. Chacra (Argentina) 36(425):66-70. 1966.
15. COLLAZOS, E. et al. La composición de los alimentos peruanos. 3a. ed. Lima, Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 1957. 37 p.
16. CRAMPTON, E. J. y HARRIS, L. E. Applied animal nutrition. 2nd. ed. San Francisco, Freeman, 1969. 753 p.
17. DAELLENBACH, H. G. y BELL, E. J. User's guide to linear programming. London, Prentice-Hall, 1970. 226 p.
18. DE ALBA, J. Alimentación del ganado en América Latina. 2a. ed. México, D. F., Fournier, 1971. 475 p.
19. DEAN, G. W., BATH, D. L. y OLAVIDE, S. Computer program for maximizing income above food cost from dairy cattle. Journal of Dairy Science 52(7):1008-1016. 1969.
20. DENT, V. B. Optimal rations for livestock with special reference to bacon pigs. Journal of Agricultural Economics 16:68-87. 1964.
21. DIJKSTRA, M. D. Influence of supplemented animal fats upon digestibility of ration components by ruminants. Netherlands Journal of Agricultural Science 17(1):27-40. 1969.
22. WESTERN AUSTRALIA. Division of Dairying. Department of Agriculture. Supplementing calves with tallow. Results of a trial at Rokalup Research Station. Journal of Agriculture Western Australia 11(5):110-111. 1970.
23. DOLLAR, A. M. y PORTER, J.W.G. Utilization of carbohydrates by the young calf. Nature 179:1299-1300. 1957.
24. DUTRA, S. Programación matemática en la optimización de raciones para el ganado. Seminario de Nutrición Animal. Turrialba, IICA, 1971. 12 p. (mimeografiado)
25. ECUADOR. INSTITUTO Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Estación Experimental Santa Catalina. Crianza de terneros con leche entera. Quito, Informe Anual, 1969. pp. 60-61.
26. FERREIRA PINTO, G. Otimização de misturas alimentares. Archivos Latinoamericanos de Nutrición (Venezuela) 21(2):169-183. 1971.

27. FLATT, J. P., WARNER, R. G. y LOOSLI, J. K. Influence of purified materials on the development of the ruminant stomach. *Journal of Dairy Science* 41(11):1593-1600. 1958.
28. FONSECA, H. Z. y FERNANDO ARIAS, L. E. Desarrollo de una mezcla reemplazadora de leche para terneros. *Turrialba* 17(4): 398-403. 1967.
29. GARCIA, J. A. y MATTOSO, J. Desmama precoce de becerros com leite desnatado e sucedaneo do leite. *Revista Ceres (Brasil)* 16(89):193-204. 1969.
30. GORRILL, A.D.L. Addition of sawdust or shavings to milk replacer for calves. *Canadian Journal of Animal Science* 50(2): 385-386. 1970.
31. \_\_\_\_\_ y NICHOLSON, J. G. Effect of added bulks on growth, nutrient utilization, digestive system and diarrhea in calves fed with milk replacer. *Canadian Journal of Animal Science* 49(3):305-315. 1969.
32. \_\_\_\_\_ y THOMAS, J. I. Body weight changes, pancreas size and enzyme activity, and proteolytic enzyme activity and protein digestion in intestinal contents from calves fed soybean and milk protein diets. *Journal of Nutrition* 92(2):215-223. 1967.
33. \_\_\_\_\_, THOMAS, J. I., STEWART, W. E. y NORRIL J. L. Exocrine pancreatic secretion by calves fed soybean and milk protein diets. *Journal of Nutrition* 92(1):86-92. 1967.
34. HERNANDEZ NÚÑEZ, D. Efectos de la melaza sobre el consumo y digestibilidad de raciones balanceadas para bovinos en el trópico. Tesis Mag. Sc. Turrialba, IICA, 1968. 56 p.
35. HODGSON, J. The development of solid food intake in calves. 3. The relation between solid food intake and the development of the alimentary tract. *Animal Production* 13(3): 449-460. 1971.
36. HOWARD, I. T. et al. The effects of least-cost computer formulated linear programmed rations fed ad libitum, upon performance of lactating dairy cows. *Dissertation Abstracts* 28:39630397B. 1967.
37. \_\_\_\_\_ et al. Least-cost complete rations for dairy cows. *Journal of Dairy Science* 51(4):595-600. 1968.



38. HUFF, J. S., LAUGH, B. K. y WISE, G. H. Effect of glyceron-monostearate on fat absorption, growth and health of calves. *Journal of Dairy Science* 34(11):1056-1063. 1951.
39. INSTITUTE OF Food and Agricultural Sciences. University of Florida. An evaluation of animal nutrition data used in the computer formulation of rations. Gainesville, Florida, 1970. 81 p. (IFAS Bulletin no. 8).
40. INSTITUTO DE Nutrición de Centro América y Panamá. Tabla de composición de pastos, forrajes y otros alimentos de Centro América y Panamá. Guatemala, 1968. 153 p.
41. JACOBSON, R., VAN HORN, H. H. y SNIPPEN, G. J. Lactating ruminants. *Federation Proceedings* 29(1):35-40. 1970.
42. JARDIN, I. R., PEIXOTO, H. M. y SILVEIRA FILHO, S. Contribuição ao estudo da desmama precoce de bezerros de raças leiteiros. Brasil, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. *Boletim Técnico Científico* no. 10. 1962. 12 p.
43. KASTELIC, J., BENTLEY, O. G. y PHILLIPS, P. H. Studies on growth and survival of calves fed semisynthetic milks from birth. *Journal of Dairy Science* 33(10):725-736. 1950.
44. LADRAT, J. y TOUSSELLIN, T. Emploi des suifs raffinés dans les aliments d'allaitement pour veaux de boucherie. *Bulletin de L'Académie Vétérinaire de France* 42:815-823. 1969. (Original no consultado, citado en *Nutrition Abstracts and Reviews* 41(1):149. 1971).
45. LASSITER, C. A. et al. Fat studies in dairy calves: Influence of various levels of fat on the apparent digestibility of milk replacers. *Michigan Quarterly Bulletin* 40(2): 282-285. 1957.
46. LATRILLE, L. y FERGUSON, O. R. Efecto del heno de alfalfa, afrecho de raps y coseta seca de remolacha en concentrados para terneros alimentados con cantidades limitadas de leche. *Agricultura Técnica (Chile)* 28(2):74-84. 1968.
47. LEAT, I.M.F. Carbohydrate and lipid metabolism in the ruminant during post-natal development. In Phillipson, ed. *Physiology of digestion and metabolism in the ruminant*. New Castle, Oriel Press, 1970. pp. 211-222.
48. LIANG, Y. T., MORRIL, J. L. y VOORDSY, J. L. Absorption and utilization of volatile fatty acids by the young calf. *Journal of Dairy Science* 50(7):1153-1157. 1967.
49. LOPEZ, H. Un sistema económico para la crianza de terneros. *Chacra (Perú)* 17(91):7-8. 1965.

50. NORIMOTO, H. Early weaning of young animals with the use of synthetic milk. Japan Agricultural Research Quarterly 2(2):15-18. 1967.
51. MUÑOZ BORGE, S. La programación lineal aplicada a la formulación de raciones para el ganado. Tesis Ing. Agr. Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, 1968. 182 p.
52. NOILHA, et al. The effect of age of the calf on the availability of nutrients in vegetable milk replacer rations. Journal of Dairy Science 39(9):1288-1298. 1956.
53. NOPCO CHEMICAL COMPANY. Table de análisis de ingredientes de alimentos. Newark, 1963. 1 p.
54. NUBER, J. T., NATRAJAN, S. y POLAN, C. T. Adaptation to starch in steers fed by nipple pail. Journal of Dairy Science 50(7):1161-1163. 1967.
55. PERON, H. El efecto de las dietas basadas en miel sobre el desarrollo del rumen en terneros. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 5(1):130. 1971.
56. PRESTON, T. R. The nutrition of young animals. Proceedings of the Nutrition Society 17(1):63-70. 1958.
57. RADOSTITS, O. N. y BELL, J. N. Nutrition of the pre-ruminant dairy calf with special reference to the digestion and absorption of the nutrients: a review. Canadian Journal of Animal Science 50(3):405-452. 1967.
58. RAGLAND, J. B. Economic comparisons of corn and forage in dairy using linear programming techniques. Dissertation Abstracts 28:2203B. 1967.
59. REVILLA, A. Tecnología de la leche; procesamiento, manufactura y análisis. 2a. ed. México, D.F., Centro Regional de Ayuda Técnica, 1969. 160 p.
60. ROY, J.H.B. Explotación práctica de terneros. Traducido del inglés por Andrés Marco Borrado. Zaragoza, Acribia, 1966. 120 p.
61. \_\_\_\_\_. The calf, nutrition and health. 3rd. ed. London, Iliffe Books, 1970. v. 2. 164 p.
62. \_\_\_\_\_, STOBO, I.J.T. y GASTON, H. J. The nutrition of the veal calf. 3. A comparison of liquid skim-milk with a diet of reconstituted spray-dried skim-milk powder containing 20% margarine fat. British Journal of Nutrition 24(2):459-475. 1970.

63. ROY, J.H.B., STOBO, I.J.P., GASTON, H. J. y GREATORCH, J. C. The nutrition of the veal calf. 2. The effect of different levels of protein and fat in milks substitute diets. *British Journal of Nutrition* 24(2):441-457. 1970.
64. SMITH, Y. B. Fisiología de la lactancia. Trad. del inglés por Melchor Cadena C. Turrialba, IICA, 1962. 282 p.
65. STEEL, R.G.D. y TORRIE, J. H. Principles and procedures of statistics. New York, McGraw-Hill, 1960. 481 p.
66. STOBO, I.J.P., ROY, J.H.B. y GASTON, H. J. Rumen development in the calf. I. The effect of diets containing different proportions of concentrates to hay on rumen development. *British Journal of Nutrition* 20(3):171-188. 1966.
67. \_\_\_\_\_, ROY, J.H.B. y GASTON, H. J. Rumen development in the calf. 2. The effect of diets containing different proportions of concentrates to hay on digestive efficiency. *British Journal of Nutrition* 20(3):189-214. 1966.
68. TERNMOUTH, J. H. y PRYOR, I. J. The effect of early-weaning rations upon the efficiency of growth and carcass production with some observations on the development of forestomachs in calves. *Journal of Agricultural Science* 74(3):559-565. 1970.
69. TOWNSLEY, R. Derivation of optimal livestock rations using quadratic programming. *Journal of Agricultural Economics* 19:347-354. 1968.
70. VALDIVIESO, A. C. Comparación entre la harina de yuca y el maíz en mezclas destetadoras para terneros. Tesis Mag. Sc. Turrialba, IICA, 1958. 51 p.
71. VILELA, H. et al. Comparações de métodos de aleitamento artificial de bezerros. *Arquivos da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais (Brasil)* 20:87-109. 1968.
72. WOHMOUT, K. Programa de alimentación del hato lechero. Turrialba, IICA, Departamento de Ganadería Tropical, 1968. 3 p. (mimeo)
73. VOKUHI, P. Programación lineal aplicada a la empresa. Trad. del alemán por Ramón Pérez Toda. *Sagitario*, 1968. 243 p.
74. WARDROP, I. D. Some preliminary observations on the histological development of the fore-stomachs on the lamb. *Journal of Agricultural Science* 57:335-341. 1961.

75. BARNER, R. G. et al. Further studies on the influence of diet on the development of the ruminant stomach. *Journal of Dairy Science* 38(6):605. 1955.
76. MILLET, I. B., ALBRIGHT, J. L. y CUNNINGHAM, F. D. Once versus twice-daily feeding of milk replacer to calves. *Journal of Dairy Science* 52(3):390-391. 1967.
77. YOUNG, J. I., TOVE, S. B. y RANSEY, H. A. Metabolism of acetate propionate, and n-butyrate in young milk-fed calves. *Journal of Dairy Science* 48(8):1079-1087. 1965.
78. ZANOVA, C. Evaluación de una mezcla reemplazadora de la leche con y sin aurofac. Tesis Mag. Sc. Turrialba, IICA, 1962. 27 p.

A P P E N D I C E

Cuadro 1A. Composición química de los ingredientes utilizados para optimizar (fabricar) la leche artificial

NUTRIENTES	E. S. S. S.										Leche <sup>a/</sup> natural	Leche <sup>a/</sup> natural				
	Maíz amarillo	Harina de soya	Harina de linna	Seco-lina	Afrecho de arroz	Alfrecho de trigo	Harina de pescado	Harina de Soya	Harina de trigo	Harina de caña			Papas frescas	Harina de banana	Cáscara de yuca	Sabo animal
Materia seca (%)	86,0	88,7	92,5	88,8	87,9	86,4	88,7	93,0	95,0	73,5	24,5	84,6	27,3	99,5	12,0	87,0
Proteína digerible (%)	6,5	36,5	32,6	7,6	3,4	12,0	64,0	16,5	8,2	1,7	1,6	3,6	5,0	--	3,0	21,7
Extracto estero (%)	7,8	4,6	4,2	13,0	14,6	4,0	7,3	6,6	3,2	0,07	0,1	0,3	2,2	99,4	3,7	26,6
Fibra cruda (%)	2,0	5,9	11,8	2,9	10,6	9,7	0,0	12,0	0,0	0,0	0,5	1,0	14,6	--	--	--
Cenizas (%)	1,1	5,6	6,1	7,9	10,5	6,0	10,4	6,9	71,8	7,8	0,9	2,1	5,1	--	0,8	5,8
Extracto no-nitrogenado (%)	70,3	29,2	30,0	53,2	39,1	51,7	3,0	47,2	0,0	60,6	20,9	78,4	72,9	--	4,4	31,9
MDT (%)	78,0	75,0	72,0	79,0	58,0	60,0	80,0	75,0	15,0	68,0	19,0	67,0	27,0	225,0	16,0	116,0
Calcio (%)	0,03	0,26	0,16	0,03	0,06	0,14	2,84	0,21	28,98	0,85	0,01	0,018	0,31	--	0,12	0,87
Fósforo (%)	0,27	0,62	1,18	1,40	1,75	1,14	1,12	0,61	13,59	0,08	0,05	0,08	0,11	--	0,09	0,65
Potasio (%)	0,27	1,67	1,36	1,15	1,68	1,20	--	1,12	--	2,26	0,52	--	--	--	1,33	9,65
Sodio (%)	0,01	0,24	0,04	0,10	--	0,06	--	0,04	0,46	--	0,22	--	--	--	0,06	0,43
Cloro (%)	0,03	--	0,55	0,64	--	--	--	--	--	--	0,06	--	--	--	0,12	0,87
Magnesio (%)	0,15	0,25	--	--	0,91	0,53	--	0,26	6,4	0,34	0,03	--	--	--	0,013	0,10
Hierro (%)	0,003	0,016	0,03	--	0,018	0,016	--	0,19	0,084	0,018	0,002	0,004	0,09	--	0,024	0,17
Cobalto (mg/kg)	0,10	0,18	0,15	--	--	0,95	--	2,30	0,10	--	--	--	--	--	0,0006	0,072
Cobre (mg/kg)	3,4	19,0	19,1	--	12,6	12,0	--	18,7	16,2	56,7	4,03	--	--	--	0,10	0,72
Manganeso (mg/kg)	4,1	31,7	20,7	--	403,6	112,3	9,6	55,4	30,4	40,2	9,61	--	--	--	0,005	0,036
Zinc (mg/kg)	10,4	--	--	--	28,9	--	--	--	424,6	--	--	--	--	--	5,0	36,0
Iodo (ppm)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0,05	0,36
Molibdeno (ppm)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0,07	0,50
Tiamina (mg/kg)	4,0	3,9	6,4	19,4	21,6	7,7	--	0,7	0,40	0,08	1,6	1,2	0,56	--	0,40	2,90
Riotina (mg/kg)	0,06	0,30	--	0,62	4,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	50,0	360,0
Colina (mg/kg)	537,0	2622,0	2735,0	1289,0	1211,0	959,0	3860,0	920,0	--	834,0	--	--	--	--	876,0	6351,0
Macina (mg/kg)	22,9	29,8	38,8	524,5	293,0	203,1	85,7	24,5	4,20	32,7	12,0	17,0	0,52	--	1,8	13,0
Acido fólico (mg/kg)	0,20	6,44	2,26	--	--	1,7	2,3	1,3	--	--	--	--	--	--	1,0	7,25
Riboflavina (mg/kg)	1,1	4,9	4,9	1,7	2,5	3,0	0,7	3,1	0,90	3,1	0,2	1,3	0,24	--	1,8	13,0
Acido pantoténico (mg/kg)	5,0	--	13,8	57,5	22,7	28,1	11,0	6,6	2,4	36,5	7,0	--	--	--	8,1	58,7
Caroteno (mg/kg)	4,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	8,5	0,10	--	0,60	4,3
Acido asorbico (mg/kg)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	20,0	145,0
Piridoxina (mg/kg)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0,7	5,07
Vitamina A (UI/kg)	6,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1600,0	12000,0
Vitamina E <sub>12</sub> (mg/kg)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0,006	0,04
Vitamina D (UI/kg)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	424,0	3000,0
Arginina (%)	0,45	2,55	4,24	0,49	0,48	0,97	3,86	2,28	1,70	--	--	--	--	--	0,12	0,85
Histidina (%)	0,18	1,07	1,10	0,10	0,19	0,29	1,25	--	--	--	--	--	--	--	0,10	0,70
Isoleucina (%)	0,45	2,75	1,60	0,29	0,38	0,58	3,09	--	--	--	--	--	--	--	0,20	1,40
Leucina (%)	0,99	3,53	2,50	0,49	0,58	0,87	4,91	--	--	--	--	--	--	--	0,31	2,00
Lisina (%)	0,18	2,64	1,70	0,49	0,48	0,58	7,04	0,58	0,90	--	--	--	--	--	0,26	1,89
Metionina (%)	0,09	0,78	0,65	0,29	--	0,10	1,92	0,32	0,20	--	--	--	--	--	0,08	0,58
Fenilalanina (%)	0,45	2,06	2,35	--	0,38	0,48	2,51	--	--	--	--	--	--	--	0,16	1,16
Treonina (%)	0,36	1,67	1,45	0,29	0,38	0,39	2,51	--	--	--	--	--	--	--	0,15	1,08
Valina (%)	0,36	2,15	2,05	--	0,58	0,68	3,09	--	--	--	--	--	--	--	0,21	1,45
Triptofano (%)	0,09	0,59	0,65	0,10	0,09	0,29	0,87	0,20	0,05	--	--	--	--	--	0,04	0,29
Cistina (%)	0,09	0,59	0,48	0,10	0,09	0,29	1,54	0,20	0,10	--	--	--	--	--	0,03	0,22
Glicina (%)	0,43	2,45	2,05	--	--	0,87	4,82	--	--	--	--	--	--	--	0,06	0,43
Proteína <sup>b/</sup> (%)	0,86	1,13	0,72	0,57	0,26	0,33	1,56	0,60	0,70	0,18	0,54	0,44	0,44	2,005	0,80	5,83
Referencias	(16)	(16,40)	(16,40)	(16,40)	(16,40)	(16,40)	(16,40)	(16,53)	(16,53)	(16,34)	(16)	(15)	(40)	(16,53)	(16,41,57,59)	

<sup>a/</sup> Leche natural expresada en base a 12 y 87% de E.S.S., respectivamente.

<sup>b/</sup> Obtenidos del Consejo Nacional de Producción, San José, Costa Rica.

<sup>c/</sup> Procedo obtenido en las carnicerías de Turrialba, Costa Rica.



**Cuadro 3A Resultados de la minimización de costos de la leche artificial en una computadora IBM 1130**

OPTIMIZACIÓN DE LECHE ARTIFICIAL PARA CHECKEADO DE TERNEROS.				
12	24	ARGI	HARP	0.0386CC
MSEC	100.000000	ARGI	CDPR	0.0238CC
PDIG	21.700000	ARGI	PAPA	0.000000
NDTO	116.000000	ARGI	YUCA	0.000000
CALC	0.870000	ARGI	HARH	0.017000
FOSF	0.650000	ARGI	SEMO	0.000000
ARGI	0.850000	ARGI	HARH	0.000000
HIST	0.700000	ARGI	MELZ	0.000000
ISOL	1.400000	ARGI	HARH	-1.000000
LEUC	2.000000	HIST	CDPR	0.001600
LISI	1.800000	HIST	SOYA	0.010700
METI	0.000000	HIST	HARL	0.011000
MELZ	10.000000	HIST	SEMO	0.010000
		HIST	AFRA	0.001900
		HIST	AFRT	0.002900
		HIST	HARP	0.012500
		HIST	CDPR	0.000000
		HIST	PAPA	0.000000
		HIST	YUCA	0.000000
		HIST	HARH	0.000000
		HIST	SEMO	0.000000
		HIST	HARH	0.000000
		HIST	SEMO	0.000000
		HIST	HARH	0.000000
		HIST	MELZ	0.000000
		HIST	MELZ	-1.000000
		ISOL	CDPR	0.004500
		ISOL	SOYA	0.002800
		ISOL	HARL	0.016000
		ISOL	SEMO	0.002900
		ISOL	AFRA	0.003800
		ISOL	AFRT	0.003800
		ISOL	HARP	0.003800
		ISOL	CDPR	0.000000
		ISOL	PAPA	0.000000
		ISOL	YUCA	0.000000
		ISOL	HARH	0.000000
		ISOL	SEMO	0.000000
		ISOL	HARH	0.000000
		ISOL	MELZ	0.000000
		ISOL	MELZ	-1.000000
		LEUC	CDPR	0.009900
		LEUC	SOYA	0.003300
		LEUC	HARL	0.002500
		LEUC	SEMO	0.004500
		LEUC	AFRA	0.005800
		LEUC	AFRT	0.008700
		LEUC	HARP	0.009100
		LEUC	CDPR	0.000000
		LEUC	PAPA	0.000000
		LEUC	YUCA	0.000000
		LEUC	HARH	0.000000
		LEUC	SEMO	0.000000
		LEUC	HARH	0.000000
		LEUC	MELZ	0.000000
		LEUC	MELZ	-1.000000
		LISI	CDPR	0.026400
		LISI	SOYA	0.017000
		LISI	HARL	0.017000
		LISI	SEMO	0.009400
		LISI	AFRA	0.009400
		LISI	AFRT	0.005800
		LISI	HARP	0.007400
		LISI	CDPR	0.005800
		LISI	PAPA	0.000000
		LISI	YUCA	0.000000
		LISI	HARH	0.000000
		LISI	SEMO	0.000000
		LISI	MELZ	0.000000
		LISI	MELZ	-1.000000
		LISI	HARL	0.000000
		LISI	MELZ	-1.000000
		LISI	MELZ	-1.000000
		METI	CDPR	0.000000
		METI	SOYA	0.000000
		METI	HARL	0.000000
		METI	SEMO	0.000000
		METI	AFRA	0.000000
		METI	AFRT	0.000000
		METI	HARP	0.000000
		METI	CDPR	0.000000
		METI	PAPA	0.000000
		METI	YUCA	0.000000
		METI	HARH	0.000000
		METI	SEMO	0.000000
		METI	HARH	0.000000
		METI	MELZ	0.000000
		METI	MELZ	-1.000000
		MELZ	CDPR	0.000000
		MELZ	SOYA	0.000000
		MELZ	HARL	0.000000
		MELZ	SEMO	0.000000
		MELZ	AFRA	0.000000
		MELZ	AFRT	0.000000
		MELZ	HARP	0.000000
		MELZ	CDPR	0.000000
		MELZ	PAPA	0.000000
		MELZ	YUCA	0.000000
		MELZ	HARH	0.000000
		MELZ	SEMO	0.000000
		MELZ	HARH	0.000000
		MELZ	MELZ	0.000000
		MELZ	MELZ	1.000000
		SOLVE		

SOLUTION OPTIMAL AFTER			17 ITERATIONS		
MAXIMAL OBJECTIVE =			-123.161307		
VARIABLE	STATUS	VALUE	DELTA	DELTAJ	
CORN		0.000000		-6.839303	
SOYA	BASIC	11.920529		0.000000	
HARL	BASIC	30.639008		0.000000	
SEMO		0.000000		-0.621616	
AFRA		0.000000		-0.55524	
AFRT		0.000000		-6.461931	
HARP	BASIC	16.813702		0.000000	
CDPR		0.000000		-0.438418	
PAPA		0.000000		-1.631692	
YUCA		0.000000		-1.392615	
HARH	BASIC	0.388800		0.000000	
SEMO	BASIC	28.019782		0.000000	
HARH		0.000000		-6.810663	
MELZ	BASIC	10.000000		0.000000	
HOLP	BASIC	4.911610		0.000000	
HOLP		0.000000		-1.501728	
HOLC		0.000000		-8.392617	
HOLF	BASIC	0.084155		0.000000	
HARG	BASIC	1.400000		0.000000	
HARG		0.000000		-44.473486	
HISO		0.000000		-32.340222	
HLEU	BASIC	0.111904		0.000000	
HLIS	BASIC	0.276740		0.000000	
HMET	BASIC	0.074914		0.000000	

CONSTRAINT	STATUS	VALUE	DECREASE	INCREASE
MSEC	BINDING	1.377766	1.444710	1.501679
PDIG	SLACK	0.000000		4.911010
NDTO	BINDING	-1.501228	3.378779	3.243849
CALC	BINDING	-4.192617	0.246290	0.749869
FOSF	SLACK	0.000000		0.084155
ARGI	BINDING	0.000000		1.490026
HIST	BINDING	-44.473486	0.022976	0.022526
ISOL	BINDING	-32.340222	0.120351	0.111984
LEUC	BINDING	0.000000		0.111984
LISI	SLACK	0.000000		0.276740
METI	BINDING	0.000000		0.074914
MELZ	BINDING	-0.462592	2.244763	1.941447



Cuadro 4A Cantidades de nutrientes aportados por los ingredientes componentes de la leche artificial y balance final de minerales y vitaminas

NUTRIENTES	INGREDIENTES							Sub-total leche artificial	Déficit aparente leche artificial	Sal común (NaCl)	Mezcla mineral y vitamínica	Total leche artificial
	Total leche natural	Harina de soya	Harina de maíz	Harina de pescado	Harina de hueso	Seda	Polvo					
Total (kg)	100,0	11,93	10,54	18,84	0,59	28,00	10,10	100,0	--	1,0	2,0	103,0
Materia seca (%)	87,0	10,5	28,3	16,7	0,5	27,8	7,1	80,0	--	1,0	2,0	93,9
Proteína digestible (%)	21,7	4,30	10,05	12,05	0,8	--	0,17	26,61	--	--	--	26,61
Extracto cálcico (%)	26,8	0,11	1,30	1,07	0,02	27,8	0,007	31,05	--	--	--	31,05
Fibra cruda (%)	--	0,70	3,61	--	0,01	--	--	4,32	--	--	--	4,32
Ceniza (%)	5,8	0,67	1,81	1,96	0,42	--	0,78	5,7	--	--	--	5,7
Extracto no-nitrogenado (%)	31,9	3,48	9,20	0,56	--	--	6,06	19,30	12,6	--	--	19,30
MDT (%)	116,0	8,45	22,07	15,08	0,09	63,00	6,80	116,0	--	--	--	116,0
Calcio (%)	0,87	0,02	0,05	0,54	0,28	--	0,08	0,87	--	--	--	0,87
Fósforo (%)	0,65	0,08	0,36	0,21	0,08	--	0,008	0,73	--	--	--	0,73
Potasio (%)	9,65	0,20	0,42	--	--	--	0,23	0,85	8,80	--	--	0,85
Sodio (%)	0,43	0,03	0,01	--	0,003	--	--	0,043	0,397	0,40	--	0,4
Cloro (%)	0,87	--	0,20	--	--	--	--	0,20	0,67	0,60	--	0,60
Magnesio (%)	0,10	0,03	--	--	0,004	--	0,034	0,07	0,032	--	--	0,07
Hierro (%)	0,17	0,002	0,092	--	0,0001	--	0,0018	0,113	0,057	--	0,4	0,51
Cobalto (mg/kg)	0,004	0,02	0,04	--	1,0001	--	--	0,06	--	--	80,0	80,0
Cobre (mg/kg)	0,72	2,15	5,85	--	0,10	--	5,67	13,77	--	--	800,0	21,77
Manganeso (mg/kg)	0,036	3,79	6,34	1,81	0,18	--	4,82	16,14	--	--	24000,0	30,14
Zinc (mg/kg)	36,0	--	--	--	2,50	--	--	2,50	33,50	--	20000,0	20,0
Iodo (ppm)	0,36	--	--	--	--	--	--	--	0,36	--	480000,0	480,0
Selenio (ppm)	0,50	--	--	--	--	--	--	--	0,50	--	--	--
Tiamina (mg/kg)	2,90	0,46	1,96	--	0,003	--	0,008	2,43	0,47	--	--	2,43
Biotina (mg/kg)	360,0	0,04	--	--	--	--	--	0,04	359,9	--	--	0
Colina (mg/kg)	6351,0	11,0	839,0	727,0	--	--	83,4	1961,0	4390,0	--	120000,0	1141,0
Niacina (mg/kg)	13,0	3,55	11,88	16,14	0,25	--	3,27	35,05	--	--	6000,0	95,0
Ácido fólico (mg/kg)	7,25	0,77	0,70	0,43	--	--	--	1,90	5,35	--	--	1,90
Riboflavina (mg/kg)	13,0	--	0,15	1,64	0,005	--	0,3	2,10	10,92	--	800,0	10,10
Ácido pantoténico (mg/kg)	58,7	--	0,42	0,07	0,014	--	3,65	6,16	52,54	--	--	6,16
Caroteno (mg/kg)	4,3	--	--	--	--	--	--	--	4,3	--	--	4,3
Ácido ascórbico (mg/kg)	145,0	--	--	--	--	--	--	--	145,0	--	--	145,0
Piridoxina (mg/kg)	5,0	--	--	--	--	--	--	--	5,07	--	--	5,07
Vitamina A (UI/kg)	12000,0	--	--	--	--	--	--	--	12000,0	--	1200000,0	12000,0
Vitamina B <sub>12</sub> (mg/kg)	0,04	--	--	--	--	--	--	--	0,04	--	0,2	0,02
Vitamina D (UI/kg)	3000,0	--	--	--	--	--	--	--	3000,0	--	500000,0	5000,0
Arginina (%)	0,85	0,31	1,30	0,77	0,01	--	--	2,34	--	--	--	2,34
Histidina (%)	0,70	0,12	0,34	0,24	--	--	--	0,70	--	--	--	0,70
Isoleucina (%)	1,40	0,32	0,50	0,58	--	--	--	1,40	--	--	--	1,40
Leucina (%)	2,00	0,42	0,77	0,93	--	--	--	2,11	--	--	--	2,11
Lisina (%)	1,80	0,32	0,52	1,33	0,005	--	--	2,11	--	--	--	2,11
Metionina (%)	0,58	0,10	0,20	0,36	0,001	--	--	0,66	--	--	--	0,66
Fenilalanina (%)	1,15	0,25	0,72	0,47	--	--	--	1,44	--	--	--	1,44
Treonina (%)	1,00	0,20	0,45	0,47	--	--	--	1,12	--	--	--	1,12
Valina (%)	1,45	0,26	0,63	0,58	--	--	--	1,47	--	--	--	1,47
Triptófano (%)	0,29	0,07	0,20	0,16	0,0003	--	--	0,43	--	--	--	0,43
Cistina (%)	0,22	0,07	0,15	0,29	0,0005	--	--	0,51	--	--	--	0,51
Glicina (%)	0,43	0,30	0,63	0,50	--	--	--	1,83	--	--	--	1,83
Precio (\$)	583,00 <sup>1/</sup>	13,47	22,08	29,39	0,42	56,00	1,80	123,16	--	0,40	7,00	130,56

<sup>1/</sup> Costo promedio ponderado del consumo de leche de primera (1 kg = \$1,00) más consumo de leche de segunda (1 kg = \$0,50), en la proporción de 60 por ciento, 40 por ciento, respectivamente.

ANIMALES	SEXO	GRUPO RACIAL	PESO AL NACER(KG)	FECHA NACIMIENTO	FECHA A LOS 50 KG
<b>TRATAMIENTO I :</b>					
1126	H	7/8J 1/8C	22,0	13.12.1971	15.04.1972
H 86	H	1/2A 1/4J 1/4C	25,0	16.12.1971	08.04.1972
1133	H	JERSEY	26,0	30.12.1971	08.04.1972
1135	M	JERSEY	20,0	06.01.1972	15.04.1972
P. 3	H	5/8J 2/8A 1/8C	16,0	07.01.1972	06.05.1972
A124	H	CRIOLLO	29,0	13.01.1972	15.04.1972
1142	H	1/2RD 1/4J 1/8C 1/8BS	30,0	06.02.1972	15.04.1972
H 88	H	1/2A 1/4J 1/4C	22,0	16.02.1972	20.05.1972
1144	H	1/2RD 1/4J 1/4C	30,0	19.02.1972	06.05.1972
D 66	H	JERSEY	22,0	24.02.1972	03.06.1972
-----					
<b>TRATAMIENTO II :</b>					
A121	H	CRIOLLO	19,0	05.12.1971	18.03.1972
1127	M	9/16C 3/16J 1/4A	26,0	20.12.1971	25.03.1972
1132	M	JERSEY	22,0	27.12.1971	01.04.1972
D 64	H	JERSEY	24,0	05.01.1972	15.04.1972
1136	M	1/2A 1/4J 1/4C	27,0	07.01.1972	10.06.1972
A125	H	CRIOLLO	28,0	13.01.1972	20.05.1972
1143	M	1/2A 1/4J 1/4C	27,0	07.02.1972	13.05.1972
Q. 1	H	5/8J 1/4RD 1/8C	24,0	11.02.1972	29.04.1972
L 30	H	1/2C 1/2HR	27,0	19.02.1972	03.06.1972
1147	M	CRIOLLO	34,0	24.02.1972	13.05.1972
-----					
<b>TRATAMIENTO III :</b>					
1125	M	CRIOLLO	31,0	07.12.1971	04.03.1972
H 87	H	1/2A 1/4J 1/4C	30,0	30.12.1971	11.03.1972
1134	M	1/2A 3/8C 1/8J	26,0	01.01.1972	25.03.1972
J 42	H	1/2RD 1/4J 1/4C	20,0	04.01.1972	01.04.1972
P. 4	H	9/16J 1/4A 3/16C	23,0	11.01.1972	08.04.1972
1138	M	1/2A 1/4J 1/4C	22,0	20.01.1972	22.04.1972
1140	M	1/2A 1/4J 1/4C	29,0	04.02.1972	03.06.1972
H 89	H	1/2A 1/4J 1/4C	24,0	17.02.1972	29.04.1972
1146	M	7/8C 1/8J	32,0	20.02.1972	13.05.1972
J 44	H	1/2RD 1/4J 1/4C	24,0	08.03.1972	13.05.1972
-----					
<b>TRATAMIENTO IV :</b>					
D 63	H	JERSEY	23,0	09.12.1971	05.04.1972
A122	H	CRIOLLO	23,0	22.12.1971	24.04.1972
1130	M	1/2A 1/4J 1/4C	28,0	24.12.1971	07.04.1972
J 41	H	1/2RD 1/4J 1/4C	25,0	02.01.1972	05.04.1972
P. 5	H	5/8J 1/4A 1/8C	20,0	29.01.1972	13.05.1972
1139	M	1/2C 1/2HR	21,0	30.01.1972	06.05.1972
D 65	H	JERSEY	15,0	31.01.1972	15.07.1972
1145	M	1/2RD 1/4J 1/4C	31,0	19.02.1972	29.04.1972
1149	M	5/8J 2/8A 1/8C	22,0	07.03.1972	10.06.1972
1151	M	CRIOLLO	22,0	12.03.1972	17.06.1972

J = Jersey  
C = Criollo  
A = Ayrshire

RD = Rojo Danés  
BS = Brown Swiss  
HR = Holstein Rojo

Cuadro 6A. Promedios de incremento diario para los grupos raciales en el tratamiento de alimentación convencional, hasta los 50 kilos<sup>a/</sup>

Grupo racial	Promedio de incremento diario (kg)	Número de observaciones
1/2 Rojo Danés	0,218	27
1/2 Ayrshire	0,27 <sup>b</sup>	54
Criollo	0,260	25
Jersey Puro	0,288	31

<sup>a/</sup> Período 1969-1972. Datos obtenidos del hato lechero del Departamento de Ganadería Tropical.

Cuadro 7A. Análisis de variancia para el incremento diario en el peso vivo entre grupos raciales, en el método de alimentación convencional, hasta los 50 kilos de peso vivo

Fuentes de variación	gl	SC	F
Grupos raciales	3	0,012786	1,963
Error	133	0,292816	

CUADRO 8A. INCREMENTO DIARIOS ESTIMADOS POR REGRESION LINEAL PARA LOS PARAMETROS DE CRECIMIENTO.

ANIMALES	PESO AL	PESO	PERIMETRO		ALTURA A		LARGO DEL		
	NACER	VIVO	(R)	TORAXICO	LA CRUZ	(R)	CUERPO	(R)	
	(KG)	(KG)		(CM)			(CM)		
TRATAMIENTO I									
1126	22,0	0,284	0,96	0,152	0,96	0,132	0,96	0,152	0,98
H.86	25,0	0,232	0,95	0,156	0,93	0,078	0,91	0,136	0,92
1133	26,0	0,237	0,98	0,145	0,95	0,118	0,98	0,170	0,97
1135	20,0	0,308	0,99	0,203	0,95	0,116	0,96	0,181	0,99
P. 3	16,0	0,295	0,99	0,242	0,99	0,148	0,99	0,144	0,93
A124	29,0	0,269	0,99	0,222	0,99	0,074	0,97	0,172	0,98
1142	30,0	0,240	0,95	0,223	0,99	0,118	0,96	0,160	0,95
H.88	22,0	0,272	0,97	0,231	0,98	0,143	0,97	0,211	0,98
1144	30,0	0,330	0,99	0,242	0,99	0,117	0,98	0,163	0,99
O.66	22,0	0,329	0,99	0,210	0,97	0,173	0,99	0,184	0,99
PROMEDIO	24,2	0,276	0,98	0,202	0,97	0,121	0,97	0,164	0,97
TRATAMIENTO II									
A121	19,0	0,325	0,99	0,214	0,99	0,198	0,99	0,138	0,95
1127	26,0	0,268	0,98	0,199	0,92	0,129	0,97	0,180	0,98
1132	22,0	0,298	0,99	0,243	0,97	0,118	0,96	0,159	0,98
O.64	24,0	0,286	0,98	0,235	0,99	0,120	0,98	0,152	0,96
1136	27,0	0,126	0,95	0,071	0,99	0,019	0,82	0,080	0,97
A125	28,0	0,184	0,92	0,115	0,98	0,054	0,96	0,078	0,94
1143	27,0	0,287	0,96	0,174	0,97	0,159	0,99	0,146	0,97
O. 1	24,0	0,254	0,99	0,274	0,95	0,202	0,97	0,148	0,98
L.30	27,0	0,220	0,98	0,161	0,98	0,100	0,99	0,099	0,93
1147	34,0	0,282	0,97	0,178	0,99	0,063	0,82	0,140	0,96
PROMEDIO	25,8	0,263	0,97	0,186	0,96	0,116	0,95	0,132	0,97
TRATAMIENTO III									
1125	31,0	0,246	0,98	0,088	0,98	0,098	0,98	0,070	0,97
H.87	30,0	0,288	0,99	0,183	0,99	0,138	0,94	0,175	0,98
1134	26,0	0,281	0,98	0,192	0,98	0,130	0,99	0,143	0,96
J.42	20,0	0,310	0,99	0,209	0,99	0,126	0,99	0,202	0,97
P. 4	23,0	0,291	0,98	0,148	0,96	0,150	0,99	0,177	0,97
1138	22,0	0,283	0,95	0,222	0,99	0,139	0,94	0,138	0,93
1140	29,0	0,157	0,87	0,097	0,96	0,053	0,98	0,048	0,98
H.89	24,0	0,343	0,97	0,223	0,99	0,104	0,99	0,126	0,95
1146	32,0	0,204	0,85	0,153	0,97	0,025	0,50	0,094	0,97
O.44	24,0	0,421	0,98	0,214	0,99	0,072	0,94	0,136	0,97
PROMEDIO	26,1	0,283	0,95	0,173	0,98	0,103	0,92	0,131	0,97
TRATAMIENTO IV									
O.63	23,0	0,239	0,99	0,161	0,99	0,097	0,96	0,131	0,94
A122	23,0	0,188	0,94	0,116	0,95	0,064	0,94	0,121	0,95
1130	28,0	0,190	0,96	0,100	0,95	0,039	0,84	0,049	0,91
O.41	25,0	0,254	0,98	0,146	0,99	0,091	0,98	0,124	0,95
P. 5	20,0	0,295	0,96	0,188	0,95	0,091	0,94	0,151	0,98
1139	21,0	0,250	0,93	0,204	0,97	0,109	0,97	0,160	0,98
O.65	15,0	0,225	0,99	0,160	0,99	0,077	0,99	0,114	0,99
1145	31,0	0,350	0,96	0,203	0,99	0,174	0,97	0,169	0,97
1149	22,0	0,335	0,99	0,177	0,98	0,088	0,93	0,189	0,99
1151	22,0	0,294	0,99	0,172	0,99	0,098	0,98	0,118	0,99
PROMEDIO	23,0	0,261	0,97	0,162	0,98	0,093	0,95	0,132	0,97

Cuadro 9A. Análisis de covariancia para el incremento diario en peso vivo con el peso al nacer

Fuentes de variación	gl	SC Ajust.	F
Debido a Reg. de Y sobre X	1	0,013	
Trat. ajustado por Reg.	4	0,009	0,81
Error ajustado por Reg.	104	0,12 <sup>1</sup>	

Cuadro 10A. Análisis de covariancia para el incremento diario en perímetro torácico con el peso al nacer

Fuentes de variación	gl	SC Ajust.	F
Debido a Reg. de Y sobre X	1	0,009	
Trat. ajustado por Reg.	3	0,010	1,79
Error ajustado por Reg.	35	0,069	

Cuadro 11A. Análisis de covariancia para el incremento diario en altura a la cruz con el peso al nacer

Fuentes de variación	gl	SC Ajust.	F
Debido a Reg. de Y sobre X	1	0,009	
Trat. ajustado por Reg.	3	0,007	1,45
Error ajustado por Reg.	35	0,057	

Cuadro 12A. Análisis de covariancia para el incremento diario en largo del cuerpo con el peso al nacer

Fuentes de variación	gl	SC Ajust.	F
Debido a Reg. de Y sobre X	1	0,003	
Trat. ajustado por Reg.	3	0,007	1,75
Error ajustado por Reg.	35	0,048	

Cuadro 13A. Análisis de variancia para el incremento diario en el peso vivo

Fuentes de variación	gl	SC	F
Tratamientos	4	0,010	0,85
Error	45	0,137	

Cuadro 14A. Análisis de variancia para el incremento diario en el perímetro torácico

Fuentes de variación	gl	SC	F
Tratamiento	3	0,008	1,35
Error	36	0,079	

Cuadro 15A. Análisis de variancia para el incremento diario en la altura a la cruz

Fuentes de variación	gl	SC	F
Tratamientos	3	0,005	0,90
Error	36	0,067	

Cuadro 16A. Análisis de variancia para el incremento diario en el largo del cuerpo

Puentes de variación	gl	C	F
Tratamientos	3	0,007	1,38
Error	36	0,051	

Cuadro 17A. Prueba de Chi-cuadrado para el número de casos de ocurrencia de diarreas en cada tratamiento experimental, hasta el peso final

Tratamientos experimentados	Observado (O)	Esperado (E)	(O-E)	(O-E) <sup>2</sup>	(O-E) <sup>2</sup> /E
I	10	13	-3	9	9/13
II	18	13	+5	25	25/13
III	6	13	-7	49	49/13
IV	18	13	+5	25	25/13
Total	52	52	0		8,31*

\* Significativo ( $P \leq 0,05$ ). Chi-cuadrado en la tabla A.5 de Steel y Torrie (65) con 3 grados de libertad, es igual a 7,81.

Cuadro 19A. Casos de ocurrencia de mortalidad en el período experimental<sup>a/</sup>

Número del ternero	Fecha de nacimiento	Tratamiento asignado	Causa de la muerte	Fecha de la muerte
H.85 <sup>b/</sup>	9.12.1971	I	Neumonía	15.01.1972
J.40	10.12.1971	II	Coccidiosis	17.01.1972
1125	7.12.1971	II	Diarrea	18.01.1972
1131	26.12.1971	II	Neumonía	18.01.1972
J.39	6.12.1971	III	Ahorcado	16.01.1972
H.90	19.02.1972	III	Timpanismo	9.03.1972
1128 <sup>c/</sup>	22.12.1971	IV	Neumonía	16.01.1972
1141	6.02.1972	IV	Desnutrición <sup>d/</sup>	3.03.1972
1129	23.12.1971	IV	Desnutrición <sup>d/</sup>	14.01.1972
A 123	6.01.1972	IV	Diarrea	16.01.1972

a/ No presentó diferencias significativas entre tratamientos por la prueba de Chi-cuadrado ( $P = 0,05$ ), Cuadro 19A.

b/ Aislado del experimento por grave ocurrencia de diarrea y neumonía.

c/ Operado de "hernia abierta" y aislado del experimento en 14.01.1972, por malas condiciones de salud.

d/ Como consecuencia de no consumir el alimento ofrecido, lo que provocó el cambio de alimentación de los tratamientos de una forma seca a una forma líquida

Cuadro 19A. Prueba de Chi-cuadrado para el número de casos de ocurrencia de mortalidad por tratamiento experimental

Tratamientos experimentales	Observado (O)	Esperado (E)	(O-E)	(O-E) <sup>2</sup>	(O-E) <sup>2</sup> /E
I	1	2,5	-1,5	2,25	2,25/2,5
II	3	2,5	+0,5	0,25	0,25/2,5
III	2	2,5	-0,5	0,25	0,25/2,5
IV	4	2,5	+1,5	2,25	2,25/2,5
Total	10	10	0		2,00 ns



Cuadro 20A. Costos totales de crianza (US\$) por animal en el tratamiento I, amortizados para el período experimental correspondiente

		Animales experimentales										
		1126	H 86	1133	1135	P. 3	A124	J142	K 68	L144	D 66	
Período experimental (semanas)		17	16	14	14	17	13	10	13	11	14	
Costos fijos:												
Animales		15,50	15,48	15,43	15,43	15,50	15,41	15,34	15,41	15,36	15,43	
Mano de obra		3,28	3,08	2,70	2,70	3,28	2,50	1,93	2,50	2,12	2,70	
Administración		1,10	1,04	0,91	0,91	1,10	0,84	0,65	0,85	0,71	0,91	
Construcciones		4,35	4,10	3,58	3,58	4,35	3,22	2,26	3,32	2,81	3,58	
Equipos		0,62	0,58	0,51	0,51	0,62	0,47	0,30	0,47	0,40	0,51	
Costos variables:												
Leche natural		46,53	47,63	42,42	40,50	43,03	39,65	23,90	39,73	31,53	41,42	
Leche artificial		--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Pasto		0,96	0,94	0,92	0,92	0,96	0,90	0,36	0,90	0,87	0,92	
Medicamentos		0,40	0,60	--	0,20	0,20	0,57	--	0,20	--	0,76	
Costos de mortalidad		1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	
<b>T o t a l</b>		<b>74,36</b>	<b>75,27</b>	<b>68,29</b>	<b>66,57</b>	<b>75,86</b>	<b>65,40</b>	<b>52,43</b>	<b>65,25</b>	<b>55,57</b>	<b>60,05</b>	

Cuadro 21A. Costos totales de crianza (US\$) por animal en el tratamiento II, amortizados para el período experimental correspondiente

		Animales experimentales										
		A121	1127	1132	P 64	1135	A125	1143	C. 1	L 30	1147	
Período experimental (semanas)		14	13	13	14	21	18	14	11	15	11	
Costos fijos:												
Animales		15,43	15,41	15,41	15,43	15,59	15,52	15,43	15,36	15,45	15,36	
Mano de obra		2,70	2,50	2,50	2,70	4,05	3,47	2,70	2,12	2,90	2,12	
Administración		0,91	0,85	0,85	0,91	1,37	1,17	0,91	0,71	0,98	0,71	
Construcciones		3,58	3,32	3,32	3,58	5,37	4,60	3,56	2,31	3,84	2,81	51
Equipos		0,51	0,47	0,47	0,51	0,76	0,66	0,51	0,40	0,55	0,40	
Costos variables:												
Leche natural		27,58	26,74	17,64	27,38	42,62	36,10	25,68	21,53	30,00	22,22	
Leche artificial		3,47	2,96	3,35	3,42	5,52	4,50	3,75	2,73	3,81	2,87	
Pasto		0,92	0,90	0,90	0,92	1,01	0,97	0,92	0,87	0,93	0,87	
Medicamentos		0,57	--	--	--	0,76	0,95	--	0,20	0,76	0,81	
Costos de mortalidad		4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	
Total		59,77	57,15	48,44	58,85	81,05	71,91	58,08	50,73	63,22	52,17	

Cuadro 22A. Costos totales de crianza (US\$) por animal en el tratamiento III, amortizados para el período experimental correspondiente

	Animales experimentales											
	1125	H 87	1134	J 42	P. 4	1138	1140	H 89	1146	J 44		
Período experimental (semanas)	12	10	12	12	12	13	17	10	12	9		
Costos fijos:												
Animales	15,38	15,34	15,38	15,38	15,38	15,41	15,50	15,39	15,38	15,31		
Mano de obra	2,31	1,93	2,31	2,31	2,31	2,51	3,28	1,93	2,31	1,73		
Administración	0,78	0,65	0,78	0,78	0,78	0,85	1,10	0,65	0,78	0,59		
Construcciones	3,07	2,56	3,07	3,07	3,07	3,32	4,35	2,56	3,07	2,30		
Equipos	0,44	0,36	0,44	0,44	0,44	0,47	0,62	0,36	0,44	0,33		
Costos variables:												
Leche natural	12,75	10,37	11,93	12,16	12,28	12,81	17,48	10,00	11,66	8,78		
Leche artificial	6,34	5,23	5,74	5,89	5,87	6,01	8,49	4,79	5,60	3,37		
Pasto	0,79	0,76	0,79	0,79	0,79	0,80	0,86	0,76	0,79	0,75		
Medicamentos	0,21	--	--	--	--	--	0,40	0,38	0,38	--		
Costos de mortalidad	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45		
T o t a l	44,52	39,65	42,89	40,27	43,37	44,63	54,53	39,22	42,86	35,61		

Cuadro 23A. Costos totales de crianza (US\$) por animal en el tratamiento IV, amortizados para el período experimental correspondiente

		Animales experimentales										
		D 65	A122	1130	J 41	P. 5	1139	D 65	1145	1149	1151	
Período experimental (semanas)	17	18	15	14	15	14	23	10	13	14		
Costos fijos:												
Animales	15,50	15,52	15,45	15,43	15,45	15,43	15,64	15,34	15,41	14,41		
Mano de obra	3,21	3,47	2,89	2,70	2,89	2,70	4,43	1,93	2,50	2,70		
Administración	1,10	1,16	0,97	0,91	0,97	0,97	1,49	0,65	0,84	0,91		
Construcciones	4,35	4,60	3,84	3,58	3,84	3,58	5,88	2,56	3,32	3,58		
Equipos	0,62	0,66	0,55	0,51	0,55	0,51	0,84	0,36	0,47	0,51		
Costos variables:												
Leche natural	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
Leche artificial	12,31	12,66	11,79	10,04	10,54	9,91	16,82	7,32	9,89	10,11		
Pasto	1,01	1,02	0,98	0,97	0,98	0,97	1,09	0,91	0,95	0,97		
Medicamentos	0,20	0,20	0,76	0,20	0,38	0,38	0,95	--	0,20	0,20		
Costos de mortalidad	3,04	3,04	3,04	3,04	3,04	3,04	3,04	3,04	3,04	3,04		
T o t a l	41,34	42,33	40,27	37,38	38,64	37,49	50,18	32,11	36,32	37,45		

Cuadro 24A. Costos totales de crianza (US\$) por animal en el método de alimentación convencional, amortizados para el período de nacimiento hasta los 50 kg de peso

	Animales											
	A104	A105	A106	A107	A108	A110	A113	A114	A118	A120		
Período para 50 kilos (semanas)	16	13	18	14	15	12	19	12	14	18		
Costos fijos:												
Animales	15,48	15,41	15,52	15,43	15,45	15,38	15,55	15,38	15,43	15,52		
Mano de obra	3,08	2,50	3,47	2,70	2,90	2,31	3,66	2,31	2,70	3,47		
Administración	1,04	0,85	1,17	0,91	0,98	0,78	1,24	0,78	0,91	1,17		
Construcciones	4,10	3,32	4,60	3,58	3,84	3,07	4,86	3,07	3,58	4,60		
Equipos	0,58	0,47	0,66	0,51	0,55	0,44	0,70	0,44	0,51	0,66		
Costos variables:												
Leche natural	43,93	38,22	46,87	41,16	42,00	35,28	55,86	34,02	39,90	50,82		
Concentrado	4,70	4,31	5,88	4,90	3,33	3,53	8,43	3,33	4,51	3,92		
Pasto	0,94	0,90	0,97	0,92	0,93	0,89	0,99	0,89	0,92	0,97		
Medicamentos	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20		
Costos de mortalidad	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05		
T o t a l	77,10	67,23	80,39	71,36	71,23	62,93	92,54	61,47	69,71	82,18		

Cuadro 24A. Continuación...

		Animales													
		A121	D 48	D 49	D 50	D 51	D 52	D 53	D 57	D 58	D 59				
Período para 50 kilos (semanas)		14	16	12	12	12	14	12	14	14	15	14	14	14	15
Costos fijos:															
Animales		15,45	15,48	15,38	15,38	15,38	15,43	15,33	15,43	15,43	15,45				
Mano de obra		2,90	3,08	2,31	2,31	2,31	2,70	2,31	2,70	2,70	2,90				
Administración		0,98	1,04	0,78	0,78	0,78	0,91	0,78	0,91	0,91	0,98				
Construcciones		3,84	4,10	3,07	3,07	3,07	3,58	3,07	3,58	3,58	3,84				
Equipos		0,55	0,58	0,44	0,44	0,44	0,51	0,44	0,51	0,51	0,55				
Costos variables:															
Leche natural		42,00	43,26	34,02	33,60	35,28	38,64	34,44	40,32	39,90	42,84				
Concentrado		3,92	2,94	2,94	3,72	2,55	3,14	3,53	5,10	3,72	4,71				
Pasto		0,93	0,94	0,89	0,89	0,89	0,92	0,89	0,92	0,92	0,93				
Medicamentos		0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20				
Costos de mortalidad		1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05				
T o t a l		71,82	72,67	61,08	61,44	61,95	66,18	62,09	70,72	68,92	73,05				

Cuadro 24A. Continuación...

		Animales												
		D 60	D 61	H 66	H 70	H 83	H 84	J 36	J 37	J 38	J 38	P. 1		
Período para 50 kilos														
(semanas)	15	13	13	14	14	13	13	13	13	14	14	13		
Costos fijos:														
Animales	15,45	15,41	15,41	15,43	15,43	15,41	15,41	15,41	15,41	15,43	15,43	15,41		
Mano de obra	2,90	2,50	2,50	2,70	2,70	2,50	2,50	2,50	2,50	2,70	2,70	2,50		
Administración	0,98	0,85	0,85	0,91	0,91	0,85	0,85	0,85	0,85	0,91	0,91	0,85		
Construcciones	3,84	3,32	3,32	3,58	3,58	3,32	3,32	3,32	3,32	3,58	3,58	3,32		
Equipos	0,55	0,47	0,47	0,51	0,51	0,47	0,47	0,47	0,47	0,51	0,51	0,47		
Costos variables:														
Leche natural	42,84	38,22	38,22	41,16	39,48	38,22	38,22	38,22	38,22	41,16	41,16	38,22		
Concentrado	3,92	2,94	5,10	5,10	3,53	5,12	5,12	5,49	3,92	3,53	3,53	3,93		
Pasto	0,93	0,90	0,90	0,92	0,92	0,90	0,90	0,90	0,90	0,92	0,92	0,90		
Medicamentos	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20		
Costos de mortalidad	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05		
T o t a l l	72,66	65,86	68,02	71,56	68,31	68,04	68,41	68,84	66,84	69,99	69,99	66,84		

Cuadro 24A. Continuación...

		Animales										
		M. 1	M. 2	M. 3	M. 4	M. 4	K 24	T. 1	D 62	H 65	H 73	H 82
Período para 50 kilos (semanas)	14	13	17	10	14	14	15	14	12	14	14	14
Costo fijos:												
Animales	15,43	15,41	15,50	15,34	15,43	15,43	15,45	15,43	15,38	15,43	15,43	15,43
Manc de obra	2,70	2,50	3,28	1,93	2,70	2,70	2,90	2,70	2,31	2,70	2,70	2,70
Administración	0,91	0,85	1,10	0,65	0,91	0,91	0,98	0,91	0,78	0,91	0,91	0,91
Construcciones	3,58	3,32	4,35	2,56	3,58	3,58	3,84	3,58	3,07	3,58	3,58	3,58
Equipos	0,51	0,47	0,62	0,36	0,51	0,51	0,55	0,51	0,44	0,51	0,51	0,51
Costos variables:												
Leche natural	41,06	36,54	47,88	29,40	39,48	42,00	39,90	39,90	34,02	39,06	41,16	41,16
Concentrado	3,14	3,72	4,31	4,90	4,31	2,55	2,16	2,16	3,14	3,14	3,14	5,29
Pasto	0,92	0,90	0,96	0,86	0,92	0,93	0,93	0,92	0,89	0,92	0,92	0,92
Medicamentos	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Costos de mortalidad	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
T o t a l	69,60	64,96	79,25	57,25	69,09	70,45	67,36	61,28	67,50	67,50	71,75	71,75