

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

EFECTO DE LOS FACTORES, REPRODUCCION, MORTANDAD Y  
PRECOCIDAD SOBRE EL COMPORTAMIENTO BIOLÓGICO Y  
ECONÓMICO DE UNA EXPLOTACION LECHERA

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

*Magister Scientiae*

MANUEL RODOLFO OTERO JUSTO

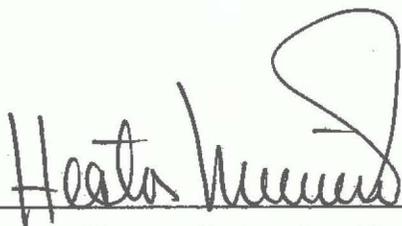
CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA  
TURRIALBA, COSTA RICA

1978.

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

*Magister Scientiae*

JURADO:



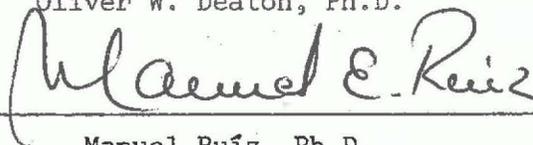
Héctor Muñoz C., Ph.D.

Profesor Consejero



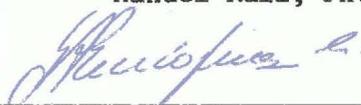
Oliver W. Deaton, Ph.D.

Miembro del Comité



Manuel Ruíz, Ph.D.

Miembro del Comité

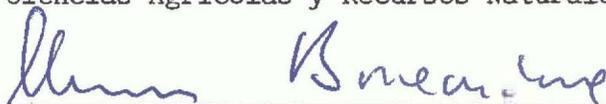


Gustavo A. Enríquez, Ph.D.

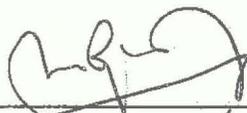
Miembro del Comité



Coordinador del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales



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



Manuel Rodolfo Otero Justo

Candidato

DEDICATORIA

A mi esposa Vicky

A mi hija María de los Angeles

A mis padres y hermano

A mis amigos

## AGRADECIMIENTO

El autor expresa su agradecimiento:

- Al Dr. Héctor Muñoz, profesor consejero, por la orientación y dirección en el desarrollo del presente trabajo;
- Al Dr. Oliver Deaton, miembro del comité consejero, por la valiosa colaboración tanto en el trabajo de tesis como en el transcurso de su estada en este centro de estudios;
- A los demás miembros del comité, Dr. Manuel Ruiz y Dr. Gustavo Enríquez, por las acertadas críticas;
- Al Ing. Jorge Camacho y al Ing. Danilo Pezo, por la desinteresada ayuda brindada;
- A la Dirección General del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA (IICA), a la Organización de Estados Americanos (OEA), y al Gobierno de Holanda, por el apoyo económico brindado durante la realización de sus estudios.

## BIOGRAFIA

El autor nació en Buenos Aires, Argentina.

Realizó sus estudios universitarios en la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad de Buenos Aires, graduándose de Médico Veterinario en 1974.

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

## CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION .....	1
2. REVISION DE LITERATURA .....	3
2.1 Reproducción .....	3
2.2 Mortandad .....	6
2.3 Precocidad .....	8
2.4 Incidencia económica de los factores bajo estudio .....	10
3. MATERIALES Y METODOS .....	12
3.1 Bases metodológicas .....	12
3.2 Suposiciones tomadas .....	14
3.3 Fuente de información .....	16
3.4 Factores causales .....	16
3.5 Alternativas de precios .....	17
3.6 Indicadores .....	18
3.7 Evaluación de la información .....	19
4. RESULTADOS Y DISCUSION .....	20
4.1 Indicadores biológicos .....	20
4.1.1 Estructuras de hato .....	20
4.1.2 Producción de leche/hato-año .....	26
4.1.3 Producción de terneros machos/ hato-año .....	28
4.1.4 Producción de hembras excedentes/ hato-año .....	30
4.1.5 Producción de carne/hato-año .....	30
4.2 Indicadores económicos .....	32
4.2.1 Ingreso bruto/hato-año (IB) .....	32
4.2.2 Inversión animal/hato-año .....	35
4.2.3 Relación IB/Costos Parciales/hato- año (relación IB/CP) .....	37
4.3 Discusión general .....	41
4.3.1 Reproducción .....	41
4.3.2 Mortandad .....	44
4.3.3 Precocidad .....	46

	<u>Página</u>
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	48
6. RESUMEN .....	49
6a. SUMMARY .....	51
7. LITERATURA CITADA .....	53
8. APENDICE .....	62

## LISTA DE CUADROS

## TEXTO

<u>Cuadro No.</u>		<u>Página</u>
1	Efecto de los factores reproducción, mortandad y precocidad sobre las estructuras de hato, bajo un nivel de disponibilidad alimenticia fijo .....	21
2	Efecto de la variación entre niveles extremos de los factores reproducción, mortandad y precocidad sobre el número de vacas en producción/hato-año, número de reemplazos/hato-año y número de hembras excedentes/hato-año .....	22
3	Efecto de la variación entre niveles extremos de los factores reproducción, mortandad y precocidad sobre la producción de leche/hato-año, producción de terneros machos/hato-año, producción de hembras excedentes/hato-año y producción de carne/hato-año .....	28
4	Efecto de la variación entre niveles extremos de los factores reproducción, mortandad y precocidad sobre el ingreso bruto/hato-año, según tres relaciones de precios carne/leche .....	33
5	Distribución porcentual del ingreso bruto en sus componentes carne y leche, según tres relaciones de precios carne/leche .....	35
6	Efecto de la variación entre niveles extremos de los factores reproducción, mortandad y precocidad sobre la inversión animal/hato-año .....	37
7	Efecto de la variación entre niveles extremos de los factores reproducción, mortandad y precocidad sobre la relación IB/CP / hato-año, según tres relaciones de precios carne/leche y tres relaciones de costos alimentación/leche .....	38
8	Efecto de la variación entre niveles extremos de los factores reproducción, mortandad y precocidad sobre los indicadores biológicos y económicos bajo estudio .....	42

APENDICE

<u>Cuadro No.</u>		<u>Página</u>
1	Efecto de los factores reproducción, mortandad y precocidad sobre algunos indicadores biológicos y económicos, expresados en términos de unidades porcentuales .....	63

## LISTA DE FIGURAS

<u>Figura No.</u>		<u>Página</u>
1	Esquema general de la metodología utilizada .....	13
2	Esquema de las suposiciones tomadas .....	15
3	Efecto de los factores reproducción, mortandad y precocidad sobre el número de hembras excedentes y de reemplazos, por 100 vacas en producción .....	23
4	Variación en el número de hembras excedentes por 100 vacas en producción, en función de diferentes estructuras de hato .....	25
5	Efecto de los factores reproducción, mortandad y precocidad sobre la producción de leche/hato-año .....	27
6	Efecto de los factores reproducción, mortandad y precocidad sobre la producción de terneros machos/hato-año .....	29
7	Efecto de los factores reproducción, mortandad y precocidad sobre la producción de hembras excedentes/hato-año .....	29
8	Efecto de los factores reproducción, mortandad y precocidad sobre la producción de carne/hato-año .....	31
9	Variación del ingreso bruto/hato-año en función de diferentes niveles de mortandad y diferentes relaciones de precios carne/leche .....	34
10	Efecto de los factores reproducción, mortandad y precocidad sobre la inversión animal/hato-año .....	36
11	Efecto de los factores reproducción, mortandad y precocidad sobre la relación IB/CP con base en hato-año <u>vs.</u> vaca-año .....	40

# 1. INTRODUCCION

El proceso de investigación agrícola tradicional se ha caracterizado por la generación de conocimientos dispersos y parciales dentro de los componentes de los sistemas de producción, sin tener en cuenta que existen interacciones dinámicas entre los diferentes componentes que definen el sistema. En el caso de las ciencias pecuarias, el problema es mayor ya que se ha dado más énfasis al animal como individuo que al hato como un todo, ignorando que el productor no maneja el animal aisladamente sino al hato con toda su complejidad biológica.

La productividad de un hato lechero es resultante no solo de la producción de leche. Otros factores como eficiencia reproductiva, precocidad de las novillas de reemplazo y tasa de mortandad de los terneros son de importancia ya que afectan la tasa de reposición, intensidad de selección, producción de terneros y el período de vida útil de los animales. Dado que los efectos de estos factores son difíciles de cuantificar, el productor no los considera en la toma de decisiones diarias en el manejo de su hato. Sin embargo, debido a la importancia que ellos tienen sobre la productividad del sistema se requieren estudios que permitan medir sus efectos e interacciones.

En el presente trabajo se analizó mediante la técnica de simulación, la importancia que a nivel del "subsistema animal" ejercen los factores reproducción, mortandad y precocidad, manteniendo otros factores constantes.

Los objetivos del estudio fueron:

1. Evaluar el efecto de los factores reproducción, mortandad y precocidad sobre el comportamiento biológico y económico del hato.

2. Identificar áreas que requieran más investigación y prioridades a nivel de explotación.

## 2. REVISION DE LITERATURA

La eficiencia reproductiva del hato, la precocidad de las novillas de reemplazo y la mortandad de los terneros son parámetros de importancia en la evaluación de la eficiencia del manejo de las explotaciones lecheras. Si bien los tres parámetros tienen repercusión en los retornos económicos de la explotación, la visualización de cómo éstos afectan el rendimiento económico, es difícil, ya que su efecto sobre la productividad del hato es a largo plazo.

### 2.1 Reproducción

Diversas medidas pueden utilizarse para estimar la eficiencia reproductiva de una explotación lechera, siendo las más comunes: los días entre el parto y el primer servicio, los días entre el primer servicio y la concepción, los días entre el parto y la concepción, el número de servicios por concepción y el intervalo entre partos.

El intervalo entre partos (IEP) es el tiempo transcurrido entre un parto y el siguiente; está compuesto por el período de servicio más el período de gestación. El largo de gestación se considera prácticamente constante dentro de razas (79) a pesar de que pueden existir variaciones debidas al sexo de la cría (1, 65), edad de la madre (32, 89) y estación del año (1). Rendel (89) encontró que las vacas adultas parían sus crías 0,7 días más tarde que las vacas jóvenes mientras que De Fries (32) obtuvo una diferencia de 1,5 días. Andersen (6) halló que los terneros machos pesaban más al nacimiento y tenían un período de gestación levemente más prolongado que el de las hembras.

El período de servicio está compuesto por el intervalo entre parto y primer servicio más el intervalo entre primer servicio y concepción. Los días transcurridos entre el parto y el primer servicio es una medida afectada por la época del año (102), problemas nutricionales, raza (44), edad de la vaca (17), ordeño con o sin ternero (29) y condición fisiológica del animal; está determinada fundamentalmente por los planes de manejo del criador quien debe considerar el tiempo mínimo que requiere el útero para iniciar una nueva gestación (31, 93, 102). El intervalo entre primer servicio y concepción es, en cambio, una medida bastante utilizada para evaluar la fertilidad de las hembras lográndose la mayor validez en su estimación cuando no ocurren errores humanos notables al momento del servicio y el semen utilizado procede de toros de reconocida fertilidad (93). Everett et al. (36) obtuvieron correlaciones significativas entre los intervalos parto-primer servicio y primer servicio-concepción con respecto al período de servicio, aunque éste estuvo más altamente correlacionado con el intervalo entre primer servicio y concepción (0,87) que con el intervalo entre parto y primer servicio (0,40). Dado que el período de gestación es prácticamente constante, el IEP está determinado por el período de servicio y éste a su vez por el intervalo entre primer servicio y concepción.

El IEP es un buen estimador de la eficiencia reproductiva del hato, ya que muestra la periodicidad de las vacas de más de un parto en la producción de crías aunque tiene la desventaja de que no mide el comportamiento reproductivo de las novillas al primer parto.

Se encuentra en la literatura una gran variabilidad de datos en relación con la duración de los IEP. En general, las razas cebuinas tienen

intervalos mayores que las razas europeas (4, 52, 80); Amble et al. (4) realizaron un estudio en la India de varias razas de *Bos indicus* y encontraron valores de IEP comprendidos entre 15 y 18 meses. El estudio del comportamiento de razas europeas en el medio tropical revela que la raza Pardo Suizo es la que presenta intervalos entre partos mayores (11, 12, 21), que varían entre 14 meses (20) y 17 meses (45); la Jersey por el contrario, es la que ha mostrado el mejor comportamiento reproductivo en el trópico registrando un valor promedio de 13 meses (20, 50, 62, 69, 103). La raza Jersey, al igual que sus cruces, se han comportado igual que las razas nativas tropicales; esto fue comprobado por Carmona y Muñoz (20), quienes al comparar la eficiencia entre Jersey y Criollo no hallaron diferencia alguna (12,6 meses y 12,7 meses, respectivamente).

Dado que la reproducción es el estímulo primario de la lactación (93), es lógico esperar que existan interrelaciones entre el IEP y la producción de leche. Existe evidencia que el rendimiento de leche es afectado por el IEP correspondiente a esa lactancia, pudiendo deprimir la producción en un nueve por ciento cuando el IEP es menor a 320 días (49). Olds y Seath (78) hallaron que un incremento de 465 kg en la producción de leche, al cabo de los primeros 120 días postparto, alargó en 1,5 días el intervalo entre el parto y el primer celo. Holtz et al. (46) calcularon que un alargamiento del período de servicio a partir de los 60 días postparto determinó un incremento diario de 3,21 kg de leche para hembras primerizas y de 4,5 kg para las siguientes lactancias. Sin embargo, otros investigadores (13, 19) no han encontrado relación alguna entre nivel de producción y fertilidad.

El IEP óptimo no está aún bien definido, si bien clásicamente se

cita en la literatura un valor de 12 meses justificable desde el punto de vista fisiológico y económico. De Alba (31) da una guía para estimar la eficiencia reproductiva de un hato lechero calificando como excelente a un IEP de 350-380 días; bueno: 381-410 días y malo: 411 o más días. Conlin (26) por su parte, establece que no es cierto que altos rendimientos lácteos sean biológicamente compatibles con cortos intervalos y una prolongada longevidad de las vacas, sostiene además que el IEP óptimo podría variar entre 12 y 14 meses dependiendo del nivel de manejo y de las condiciones económicas de la explotación.

Entre los factores relacionados con IEP prolongados se citan niveles de producción de leche elevados (36), factores ambientales y estacionales, edad de la madre (68), servicio del toro y fallas en las técnicas de inseminación (82), como los más importantes.

## 2.2 Mortandad

Las pérdidas de terneros que ocurren en el hato son importantes ya que repercuten sobre el número de reemplazos y renovación del hato. Una alta tasa de mortalidad limita las probabilidades de selección (31), por lo que el progreso genético de una población bovina sometida a selección depende básicamente de las tasas de mortandad y reproducción prevalentes (65).

La mortandad en terneros de ambos sexos, en ganado europeo ubicado en áreas tropicales y bajo diferentes sistemas de manejo, registra valores promedios entre 30 y 45 por ciento (21, 62), con una variación desde 16 (8) hasta 71 por ciento (86). Existen pocas comparaciones entre varias razas europeas ubicadas en una misma región. En el sur de Brasil se encontró un 13 por ciento de tasa de mortandad para Holsteins mientras que

las Jerseys registraron sólo un 9 por ciento (22). Sin embargo, en trabajos realizados en Ceylán (106) y Costa Rica (66) no se han observado diferencias en las tasas de mortandad entre razas, obteniéndose valores promedio de 14 y 17 por ciento, respectivamente.

Cuando se han hecho comparaciones entre ganado nativo y sus cruces en relación a razas de origen europeo, bajo condiciones tropicales, se ha observado que las tasas de mortandad son hasta tres veces mayores en el caso del ganado europeo (8, 33, 95). Sin embargo, en Venezuela no se halló ninguna diferencia en las tasas de mortandad entre terneros de las razas Criollo y Holstein (104). Cabe aclarar que los diferentes valores citados en la literatura no siempre son comparables ya que implican condiciones ecológicas y niveles de manejo diferentes.

Amble y Jain (5), trabajando en la India con ganado Sahiwal y ocho diferentes grados de encaste con Holstein, detectaron las menores tasas de mortandad en los cruces 1/2 y 5/8 Holstein; Zurita y De Alba (108) compararon tasas de mortandad en diferentes grados de encaste Cebú-Holstein observando los mayores porcentajes en animales con más de 50 por ciento de sangre Cebú.

Entre las causas que explican las variaciones en las tasas de mortandad deben mencionarse, en primer término, diferencias entre razas. En base a los datos citados en la presente revisión la Jersey es la que posee una mayor resistencia a las enfermedades infecciosas y parasitarias del medio tropical; además, esta raza ha demostrado tener una mayor fertilidad lo cual permitiría ejercer sobre ella una presión de selección más intensa. En segundo término debe tenerse en cuenta que la mortalidad obedece a otras causas como edad de la vaca (7), época del año (8, 50), sexo y tamaño del

ternero (88) y efectos ambientales. Anderson y Below (7) demostraron claramente el efecto de la edad de la madre sobre la mortandad de terneros ya que vacas de tres años registraron pérdidas de 9,5 por ciento, vacas de cuatro años de 4,3 por ciento y vacas adultas de solamente 2,4 por ciento. Sin embargo, Koger et al. (51) observaron en ganado de carne que las tasas de sobrevivencia en terneros fueron constantes en vacas de hasta 10 años pero descendieron rápidamente en vacas de más de 11 años de edad. Dickinson y Touchberry (35) investigaron la existencia de alguna conexión entre la mortalidad de terneros y la productividad de las madres y concluyeron que las pérdidas ocurrían sin ninguna relación con el nivel de producción. Finalmente, ciertas prácticas de manejo parecen ejercer influencia sobre las tasas de mortandad. Así, Maltos (67) sugiere que estas pérdidas pueden minimizarse si se los acostumbra gradualmente al stress climático, así como a las altas cargas parasitarias que presentan las pasturas.

### 2.3 Precocidad

La precocidad es un término utilizado para definir no sólo la rapidez de crecimiento de los animales sino también el inicio de la pubertad en ambos sexos. La edad al primer parto (EPP) es un buen estimador de la precocidad de las novillas de reemplazo del hato lechero; el manejo y la alimentación (27) en el período de crecimiento de estos animales determinan en gran medida la EPP. Otros factores de importancia son la raza, clima (71), año y lugar.

Las razas cebuinas son, en general, más tardías que las razas europeas. Varios estudios efectuados en el trópico muestran EPP de 42 a 50 meses para el *Bos indicus* (4, 52, 53, 61, 62) y de 27 a 37 meses para

el *Bos taurus* (12, 28, 50, 103). Si bien estos valores no son totalmente comparables en función de que las razas cebuinas reciben en general menos cuidados que las razas europeas revelan claras diferencias en la precocidad de ambos grupos raciales. La única excepción dentro del *Bos indicus* es el ganado Sinhala de Ceylán, el cual según Mahadevan (67) puede servirse a los 18 meses.

Entre las razas europeas, la Jersey es la que presenta una mayor precocidad en el medio tropical, citándose valores comprendidos entre 26 y 34 meses (2, 3, 22, 55, 71). La EPP para Pardo Suizo en esta área ha oscilado entre 30 y 45 meses; el valor más bajo fue obtenido por Bodisco (12) en una finca comercial en el Estado de Miranda, Venezuela, mientras que el valor más alto fue observado por Carneiro y Lush (21) en Brasil. Para Holstein se cita en la literatura una variación desde 24 (24) a 50 meses (62). Es importante aclarar que en pocos trabajos se indica cuál ha sido el criterio seguido para iniciar el servicio de las novillas.

Al analizar el comportamiento presentado por diferentes grados de encaste de razas nativas con europeas, Joviano et al. (50) encontraron que el aumento de sangre Jersey por encima del nivel  $3/4$  tendió a disminuir la EPP. Amble y Jain (5) compararon el comportamiento de Sahiwal y ocho diferentes grados de encaste con Holstein obteniéndose los menores valores en los cruces  $1/2$  y  $5/8$ .

Si bien existe la tendencia general a que las novillas europeas aventajen en edad de parición al ganado nativo, hay excepciones al respecto. Por ejemplo, en Costa Rica (2) no se observaron diferencias al comparar las razas Criollo y Jersey; Magofke y Bodisco (59) tampoco detectaron diferencias al comparar las razas Pardo Suizo y Criollo.

La decisión final sobre cuál debe ser la EPP apropiada de las novillas de reemplazo debe ser resultante de la incidencia que este valor pueda tener sobre la productividad de la explotación. Hansson (42) dice que la EPP más conveniente es aquella en la cual la producción total de leche y grasa de las vacas divididas por el total de alimento consumido da el mayor cociente; según este autor, la eficiencia de conversión decrece a medida que se incrementa la edad al primer parto.

En términos generales, hay coincidencia entre los investigadores en afirmar que una reducción en la EPP determina un mayor número de terneros nacidos vivos (23, 93) y un aumento en la producción de leche por vida de las vacas (54, 57). Con respecto a la influencia de este factor sobre la longevidad de los animales, Chapman, citado por Gethim (38), halló que la vida total de las novillas que parían tempranamente era menor que las que lo hacían tardíamente. Debe tenerse en cuenta que esta menor longevidad podría ser debido a una más vigorosa tasa de reposición a que fueron sometidos estos animales.

#### 2.4 Incidencia económica de los factores bajo estudio

Si bien es conocido que los problemas de baja fertilidad, alta mortandad y falta de precocidad son de gran importancia en el manejo de las explotaciones lecheras (31), la magnitud de estos problemas no puede ser comprendida cabalmente hasta tanto las consecuencias de estos factores sean analizadas en términos económicos.

Lamentablemente, no existen trabajos en que se analice en forma conjunta la influencia económica que ejercen los factores reproducción, mortandad y precocidad a nivel de hatos lecheros. Por el contrario, son numerosos los trabajos (39, 54, 56, 57, 99, 100) en que se los ha estudiado

en forma individual; entre ellos, el factor reproducción (54, 56, 99) ha recibido mayor atención, mientras que el factor mortandad ha sido el menos investigado.

Otro aspecto interesante de destacar, es que casi toda la investigación generada en este campo analiza los resultados en términos de la vaca como unidad de explotación ignorando otros componentes del hato, tales como los terneros en crecimiento y las novillas de reposición, los cuales influyen en los retornos económicos de la explotación.

### 3. MATERIALES Y METODOS

El presente es un trabajo de simulación basado en la combinación de diferentes niveles asignados a los factores reproducción, mortandad y precocidad; se utilizaron diferentes alternativas de precios en los productos carne y leche y en los costos de alimentación y se analizó su efecto sobre indicadores biológicos y económicos.

#### 3.1 Bases metodológicas

En la Figura 1 se presenta el esquema general de la metodología seguida.

3.1.1 Por combinación entre los diferentes niveles asignados a los factores bajo estudio se produjeron 18 estructuras de hato.

3.1.2 Las diferentes estructuras de hato se categorizaron según su edad en cuatro grupos:

Precocidad (EPP)	
36 meses	30 meses
V1 hembras de 0-12 meses	0-12 meses
V2 hembras de 12-24 meses	12-24 meses
V3 hembras de 24-36 meses	24-30 meses
V4 hembras de 36 o más meses	30 o más meses

3.1.3 Se calcularon los requerimientos energéticos en base en lo estipulado por las tablas del National Research Council para ganado lechero (75), por animal, a través de un año y en función de: peso corporal (se tomó

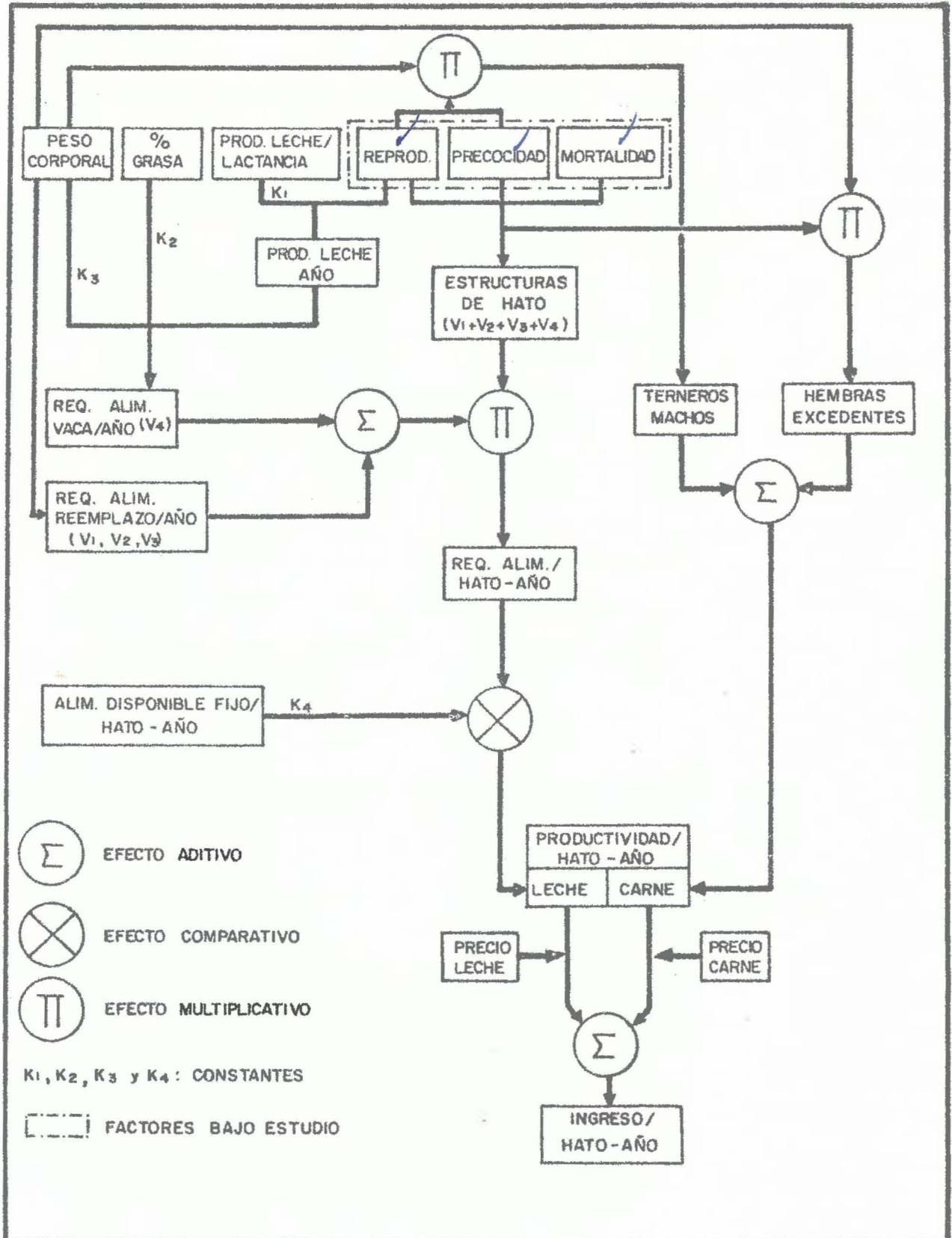


Fig. 1 Esquema general de la metodología utilizada

como peso de una hembra adulta un valor de <sup>420</sup> kg), nivel de producción (2400 kg de leche por lactancia), por ciento de grasa butirométrica (4,3 por ciento) y estado reproductivo.

3.1.4 Con base en los requerimientos por animal y teniendo en cuenta las diferentes estructuras de hato, se midieron los costos energéticos por hato y a través de un año.

3.1.5 Se compararon los costos energéticos generados por las estructuras de hato en un año con un nivel alimenticio constante, lo cual determinó diferentes producciones de leche y carne en los hatos mencionados.

3.1.6 Tomando en cuenta las estructuras de hato, las producciones de leche y carne, así como diferentes relaciones de precios carne/leche y costos de alimentación relativos a leche se generaron diferentes indicadores biológicos y económicos.

### 3.2 Suposiciones tomadas

En la Figura 2 se presentan las principales suposiciones tomadas.

3.2.1 Sólo existen interacciones lineales entre los factores en estudio.

3.2.2 Las estructuras de hato son estables y producen el número de reemplazos necesarios para mantener una estructura constante.

3.2.3 Se utiliza una tasa de reposición anual del 15 por ciento, realizándose la venta de hembras excedentes para mantener un número fijo de vacas en producción.

3.2.4 Se efectúa la venta de todos los terneros machos a la semana de nacidos.

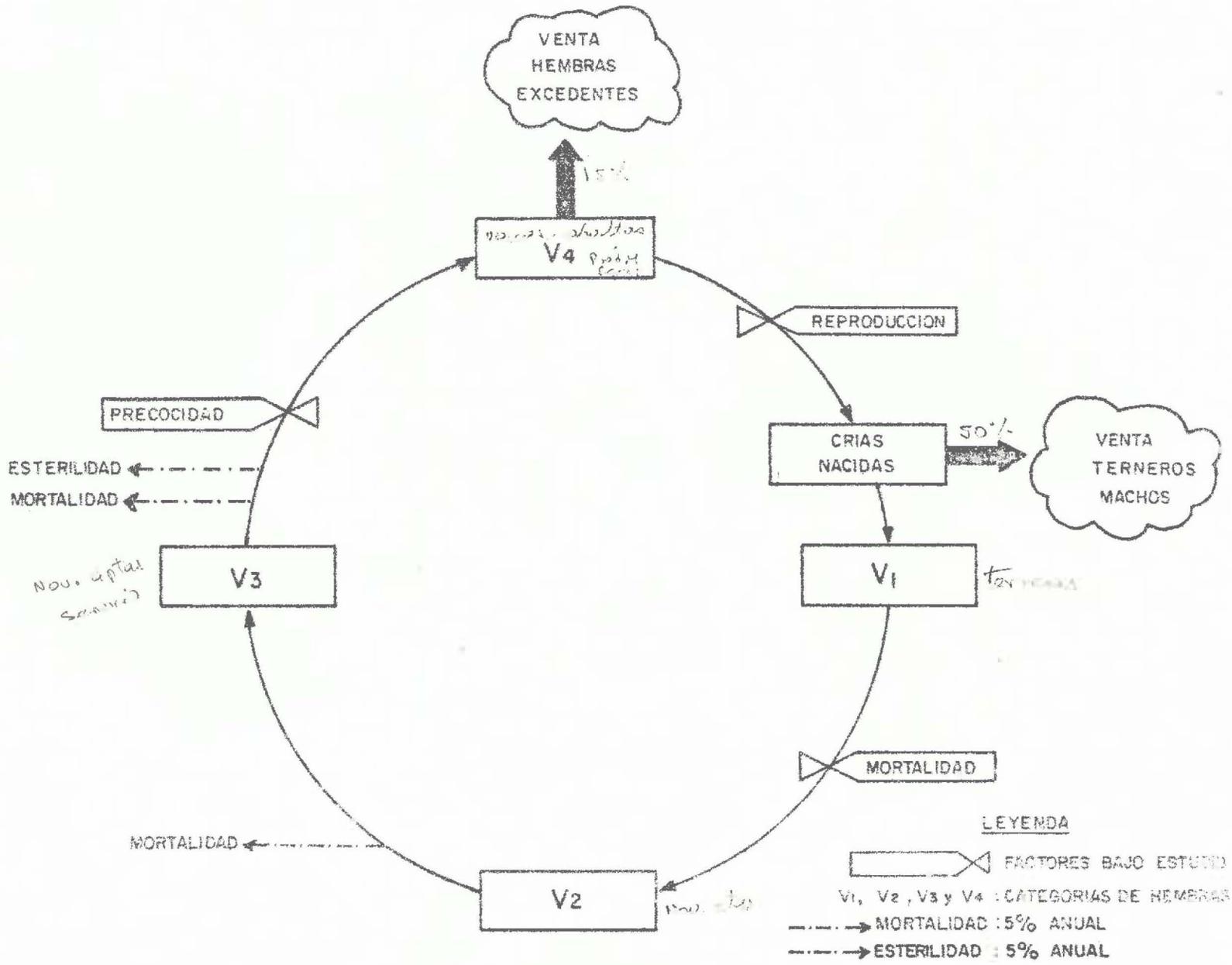


Fig.2 Esquema de las suposiciones. tomadas

3.2.5 La disponibilidad de alimentos es constante.

3.2.6 Se asume que los diferentes niveles de mortandad se distribuyen simétricamente a través del primer año de vida de los terneros, utilizándose para las restantes categorías una tasa de mortandad constante de 5 por ciento anual.

3.2.7 A nivel de la categoría V3 se considera una eliminación de 5 por ciento de hembras por problemas de esterilidad.

3.2.8 El nivel de producción de leche utilizado (2400 kg por lactancia) representa la producción promedio del hato.

### 3.3 Fuente de información

Los diferentes niveles asignados a cada uno de los siguientes factores son aproximaciones de datos generados en el Programa de Bovinos y Especies Menores del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, en Turrialba, Costa Rica.

### 3.4 Factores causales

#### 3.4.1 Reproducción

Se utilizó como estimador de la eficiencia reproductiva del hato el intervalo entre partos (IEP).

<u>Niveles</u>	<u>Unidad de medida</u>
13	meses
15	"
17	"

## 3.4.2 Mortandad

<u>Niveles</u>	<u>Unidad de medida</u>
10	por 100 terneros nacidos vivos en un año
20	" " " " " " " "
30	" " " " " " " "

## 3.4.3 Precocidad

Se utilizó como estimador de la precocidad de las novillas de reemplazo la edad al primer parto (EPP).

<u>Niveles</u>	<u>Unidad de medida</u>
36	meses
30	"

## 3.5 Alternativas de precios

3.5.1 Relaciones de precios carne/leche y costos de alimentación/  
leche

COMPONENTE	UNIDAD	PRECIO RELATIVO A LECHE <sup>a/</sup>		
		Bajo	Mediano	Alto
Carne	1 kg hembra excedente	2	3	5
	1 kg ternero macho	4	6	10
Alimentación	1 Mcal E M	0,0125	0,025	0,050

<sup>a/</sup> Precio de venta un litro de leche = 1,0 unidad monetaria

### 3.5.2 Costos de animales

#### 3.5.2.1 Valor para vaca adulta

Se fijó un valor en función de peso corporal y nivel de producción.

Para un peso de 420 kg y 2400 kg de leche por lactancia, el valor utilizado fue de 2.400 unidades monetarias.

#### 3.5.2.2 Valores para las restantes categorías de animales

V1 = Valor vaca adulta x (.25)

V2 = Valor vaca adulta x (.50)

V3 = Valor vaca adulta x (.90)

### 3.6 Indicadores

#### 3.6.1 Biológicos

##### 3.6.1.1 Estructuras de hato

##### 3.6.1.2 Producción de leche/hato-año

##### 3.6.1.3 Producción de terneros machos/hato-año

##### 3.6.1.4 Producción de hembras excedentes/hato-año

##### 3.6.1.5 Producción de carne/hato-año

#### 3.6.2 Económicos

##### 3.6.2.1 Inversión animal/hato-año

Se usó para el cálculo de este indicador el costo de oportunidad del capital en animales, calculado con base en el 10 por ciento del valor del hato, el cual representa un interés típico.

### 3.6.2.2 Ingreso bruto por hatos-año (IB)

Este valor representó los ingresos obtenidos por las ventas de: litros de leche, kg de ternero macho y kg de hembra excedente, por hatos y a través de un año.

### 3.6.2.3 Relación ingreso bruto/costos parciales por hatos-año

(relación IB/CP)

Se estableció la relación entre ingreso bruto y los costos de alimentación + la inversión animal.

Se generaron 9 relaciones IB/CP según tres ingresos brutos y tres costos de alimentación.

## 3.7 Evaluación de la información

Se realizaron diferentes combinaciones entre los niveles asignados a cada uno de los factores y se graficaron los resultados obtenidos a los efectos de analizar magnitudes absolutas e interacciones resultantes.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 Indicadores biológicos

#### 4.1.1 Estructuras de hato

En el Cuadro 1 se presentan las 18 estructuras de hato determinadas por la combinación entre los diferentes niveles correspondientes a cada uno de los factores bajo estudio. Puede observarse que el alargamiento del IEP, el aumento en la tasa de mortandad y el acortamiento en seis meses de la EPP determinan en hatos establecidos un incremento en el número de vacas en producción (categoría V4) en detrimento del número de reemplazos (categorías V1 + V2 + V3). En el caso del factor reproducción, el alargamiento del IEP ocasiona una disminución en la tasa de parición anual y por ende en la cantidad de hembras nacidas; esto provoca una disminución en el número de reemplazos y el correspondiente aumento en el número de vacas en producción. La elevación en la tasa de mortandad produce una disminución en el grupo de hembras V2 y V3 ya que los niveles asignados a este factor actúan sobre el grupo de terneras V1, lo cual repercute sobre las dos categorías inmediatas superiores. En el caso del factor precocidad, la disminución en la EPP de las novillas de reposición produce obviamente un aumento en el grupo de vacas en producción mientras que disminuye fuertemente el número de hembras de la categoría V3.

De los tres factores considerados, la disminución en el nivel de reproducción produce el mayor aumento porcentual en el grupo de vacas en producción, a la vez que la mayor disminución en el grupo de reemplazos (Cuadro 2).

En la Figura 3 se presenta el efecto que ejercen los factores

Cuadro I Efecto de los factores reproducción, mortandad y precocidad sobre las estructuras de hato, bajo un nivel de disponibilidad alimenticia fijo

EPP (a)	IEP (b)	MORT. (c)	V1		V2		V3		V4		TOTAL
			(1) N	(2) %	N	%	N	%	N	%	
36	13	10	40	20	36	18	35	17	87	44	198
		20	42	21	34	17	32	16	91	46	199
		30	44	22	30	15	29	15	94	48	197
	15	10	38	19	34	17	33	16	95	48	200
		20	40	20	32	16	30	15	99	49	201
		30	41	21	29	14	27	14	102	51	199
	17	10	36	18	32	16	31	15	102	51	202
		20	38	19	30	15	28	14	106	53	201
		30	39	19	27	13	26	13	110	55	202
30	13	10	45	22	40	25	18	9	97	48	201
		20	46	23	37	18	18	9	100	50	201
		30	48	24	33	17	16	8	103	52	200
	15	10	42	21	38	19	18	9	105	52	203
		20	43	21	35	17	16	8	108	53	202
		30	44	22	31	15	15	7	111	55	201
	17	10	39	19	36	18	17	8	112	55	204
		20	41	20	32	16	15	7	115	57	203
		30	42	22	29	14	14	7	118	58	203

(a) EPP: Edad al primer parto (meses)

(b) IEP: Intervalo entre partos (meses)

(c) MORT.: Mortandad (por cien terneros nacidos vivos)

(1) N: Número absoluto de hembras de las diferentes categorías

(2) %: Composición porcentual de las diferentes categorías de hembras

Cuadro 2. Efecto de la variación entre niveles extremos de los factores reproducción, mortandad y precocidad sobre el número de vacas en producción/hato-año, número de reemplazos/hato-año y número de hembras excedentes/hato-año.

Factores →→→	IEP, meses 17 →→→→ 13	Mortandad, % 30 →→→→ 10	EPP, meses 36 →→→→ 30
Indicadores	(%)	(%)	(%)
Número de vacas en producción/hato- año <u>a/</u>	- 14,7	- 6,5	+ 9,0
Número de reempla- zos/hato-año <u>b/</u>	+ 12,2	+ 7,7	- 7,2
Número de hembras excedentes/hato- año <u>c/</u>	+ 56,1	+ 52,1	+ 16,7

a/ Corresponde a la categoría de hembras V4.

b/ Corresponde a las categorías de hembras V1 + V2 + V3.

c/ Surge de utilizar a nivel del grupo de vacas en producción una tasa de reposición anual de 15 por ciento.

reproducción, mortandad y precocidad sobre el número de hembras excedentes. Se observa una tendencia general a disminuir este valor conforme aumentan los niveles asignados a cada uno de los tres factores. Cabe aclarar que estos valores de hembras excedentes surgen de haber utilizado a nivel del grupo de vacas en producción una tasa de reposición anual del

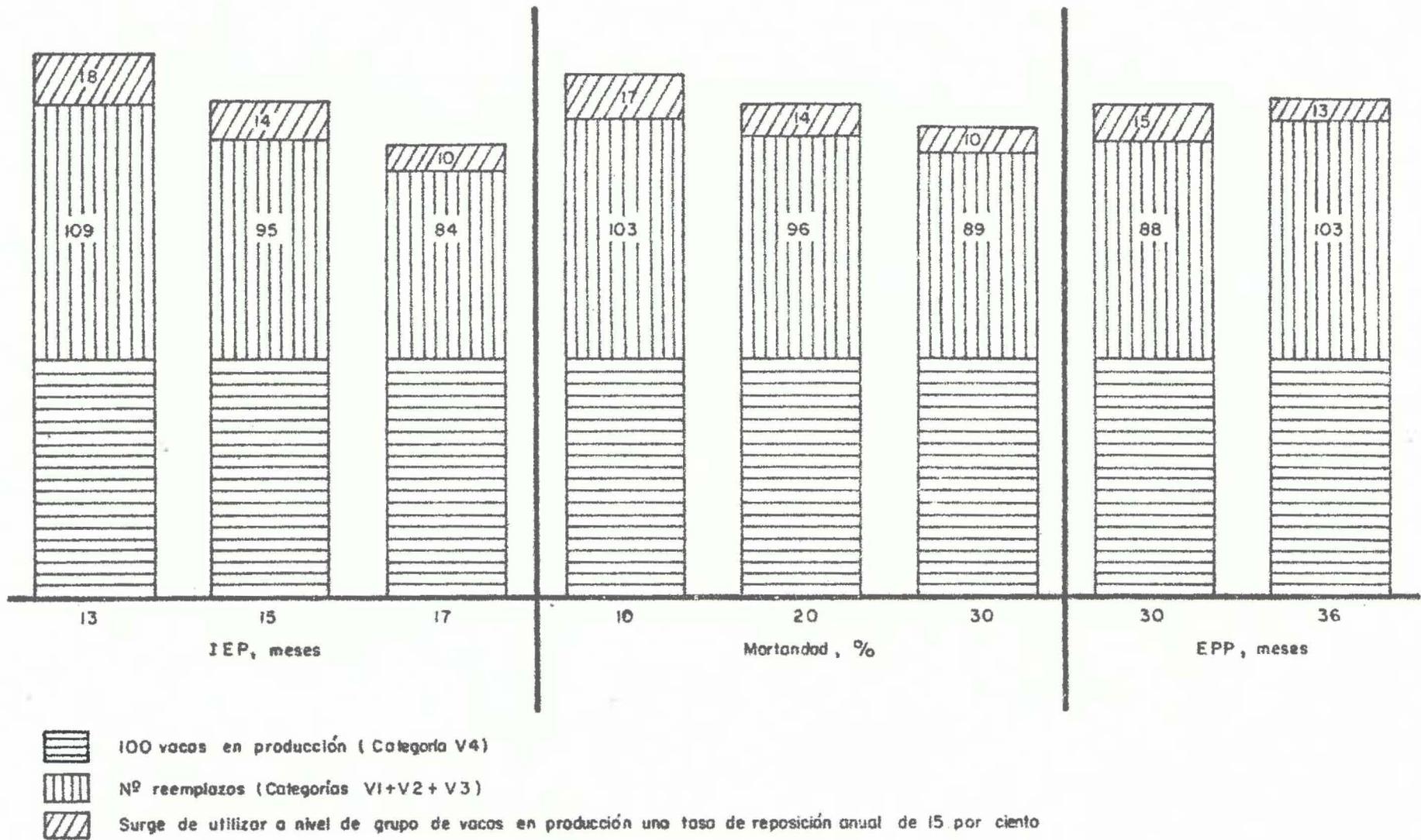


Fig. 3 Efecto de los factores reproducción, mortandad y precocidad sobre el número de hembras excedentes y de reemplazos, por 100 vacas en producción

15 por ciento que representa la eliminación de animales por problemas reproductivos, edad de la vaca y mastitis principalmente. Lógicamente, en caso de aumentar esta tasa de reposición disminuiría aún más el número de excedentes y por ende las posibilidades de aplicar cualquier criterio de selección.

En la Figura 4 se muestran los valores de hembras excedentes por 100 vacas en producción presentes en las 18 estructuras de hato; los resultados obtenidos no indican la presencia de interacciones entre las diferentes combinaciones generadas. De Alba (31) indica en su guía de calificación de eficiencia reproductiva en hatos lecheros que, bajo una tasa de reposición anual de 15 por ciento, valores comprendidos entre 20 y 28 hembras excedentes serían representativos de un excelente manejo; 10 a 20 hembras, buen manejo y menos de 10 hembras, mal manejo. Con base en esto, sólo dos estructuras de hato indicarían excelente manejo; 12, buen manejo y 4 mal manejo.

La variación porcentual en el número de hembras excedentes entre niveles extremos de cada uno de los tres factores bajo estudio se presenta en el Cuadro 2; se observa que el acortamiento en cuatro meses del IEP y la disminución de 20 unidades porcentuales en la tasa de mortandad producen un aumento similar en el número de hembras excedentes (56 y 52 por ciento respectivamente) mientras que el aumento en precocidad determina un incremento del orden del 16,7 por ciento. Es importante aclarar que aunque los niveles y unidades de medida utilizados para los factores bajo estudio no permite que los resultados sean directamente comparables entre sí, parecería haber una mayor influencia por parte de los factores reproducción y mortandad sobre la intensidad de selección a ejercer en el hato en general.

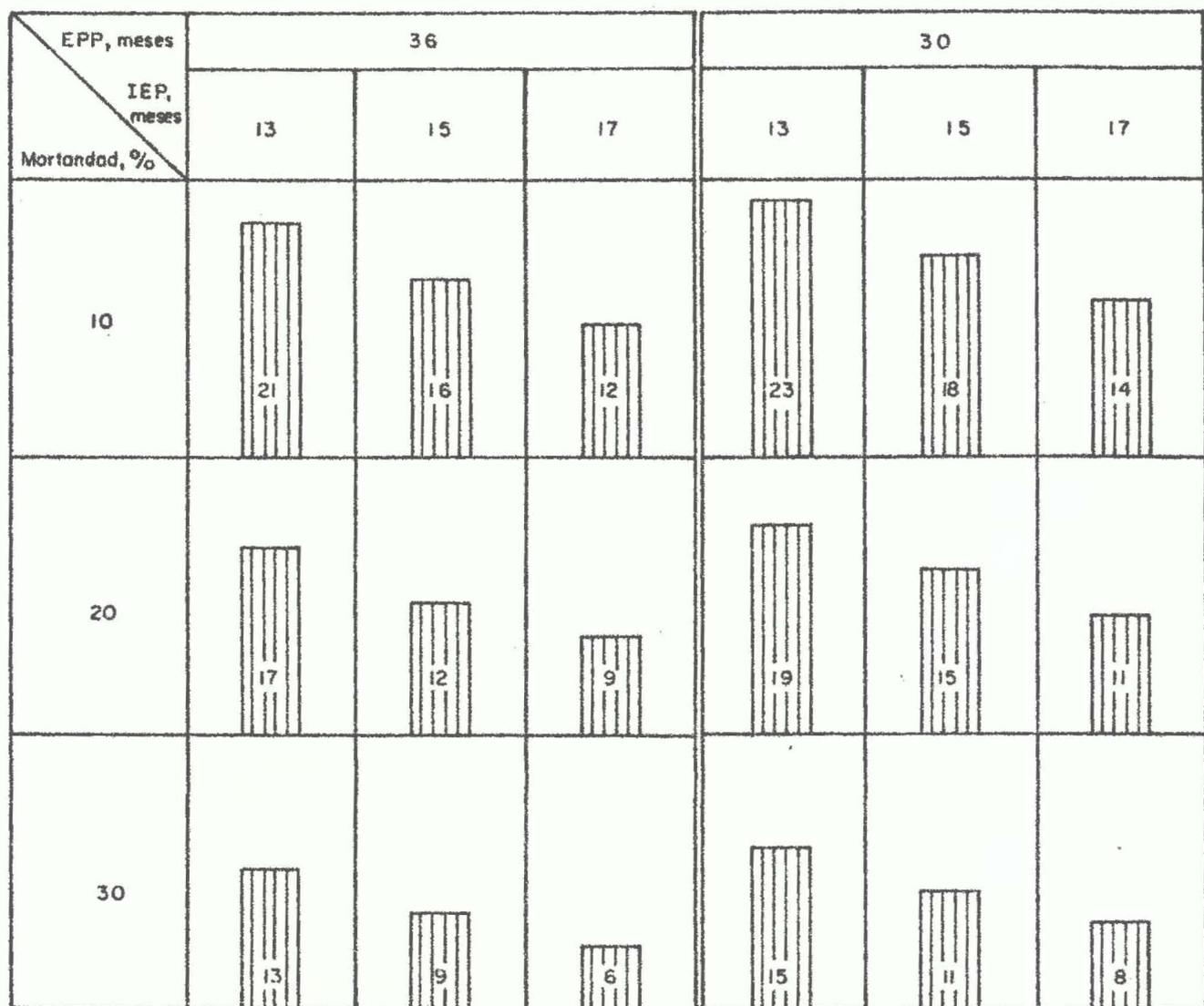


Fig. 4 Variación en el número de hembras excedentes por 100 vacas en producción en función de las diferentes estructuras de hato

#### 4.1.2 Producción de leche/hato-año

En la Figura 5 se muestra el efecto que ejercen los factores reproducción, mortandad y precocidad sobre la producción de leche. Se puede observar que a medida que aumenta el IEP descende la producción de leche; esto se debe a que al disminuir la eficiencia reproductiva se afecta la producción por animal, disminuyendo por consiguiente la producción de leche del hato. Cabe recordar que una de las suposiciones adoptadas fue que las vacas tenían una producción base de 2400 kilogramos de leche por lactancia; este valor representa la producción promedio del hato independientemente de variaciones debidas a composición genética y edad de la vaca. Niveles crecientes de mortandad determinan un aumento en la producción de leche obtenida al cabo de un año; si bien esto puede parecer ilógico, la explicación se basa en que al disminuir el número de hembras en crecimiento aumenta el número de vacas en producción <sup>por qué?</sup> (Cuadro 1), lo cual determina que se incremente la producción de leche del hato. El acortamiento de la EPP de las novillas de reposición ocasiona un incremento en la producción de leche vendible, lo que es consecuencia de una disminución en la categoría de animales improductivos (Cuadro 1) aumentando de esta manera la eficiencia del proceso de producción de leche a nivel de hato.

En el Cuadro 3 se observa que la variación porcentual de la producción de leche/hato-año al acortarse cuatro meses el IEP es de 11,8 por ciento, la disminución en 20 unidades porcentuales de la tasa de mortandad provoca un descenso del volumen productivo de 6 por ciento y el acortamiento en seis meses de la EPP determina un aumento en el flujo de producción de 9,2 por ciento.

En el Cuadro 1 del Apéndice se presenta el efecto de los factores

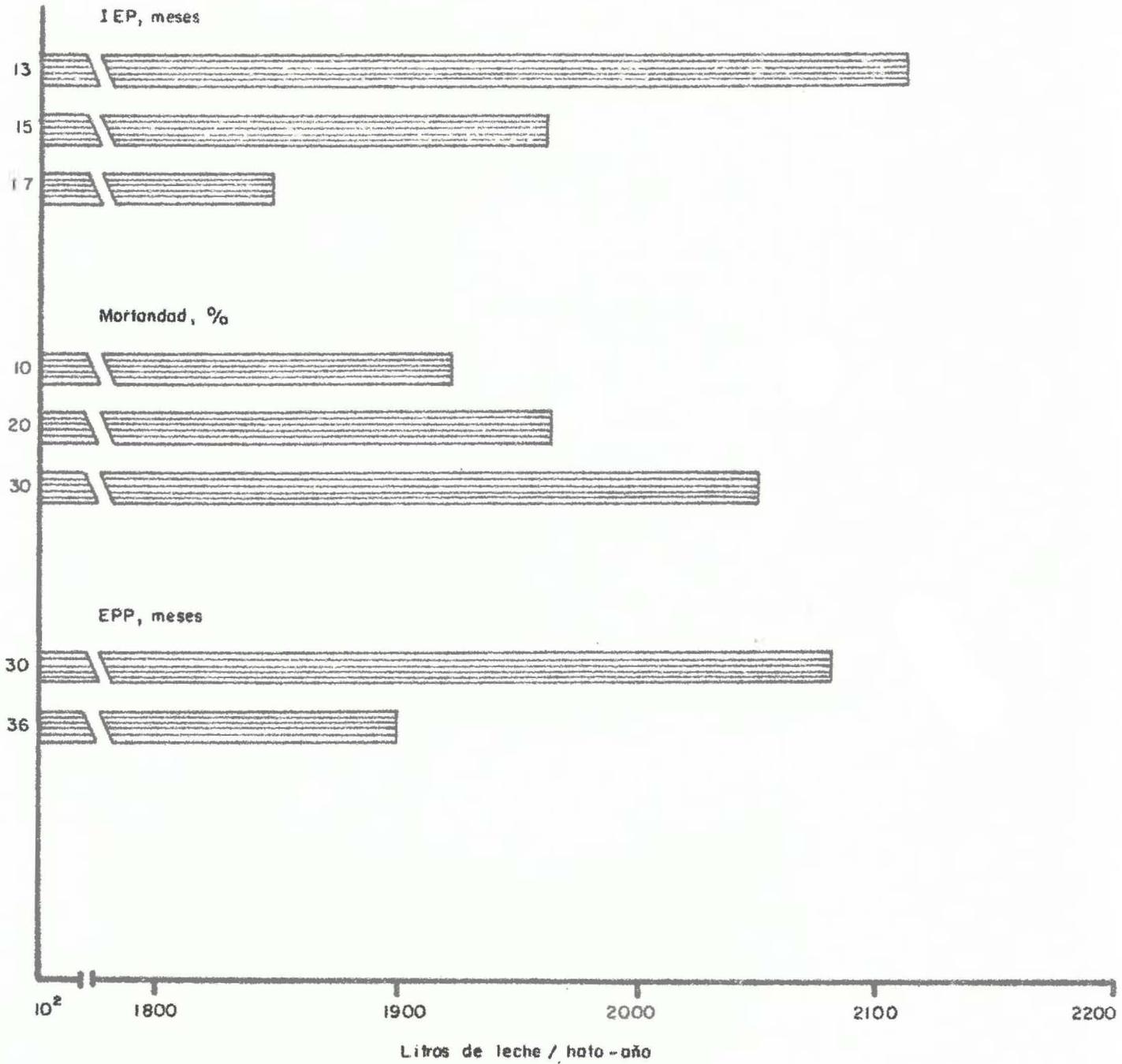


Fig. 5 Efecto de los factores reproducción, mortandad y precocidad sobre la producción de leche / hato-año

Cuadro 3. Efecto de la variación entre niveles extremos de los factores reproducción, mortandad y precocidad sobre la producción de leche/hato-año, producción de terneros machos/hato-año, producción de hembras excedentes/hato-año y producción de carne/hato-año.

Factores →→→	IEP, meses		Mortandad, %		EPP, meses	
	17	→→→→ 13	-30	→→→→ 10	36	→→→→ 30
Indicadores	(%)		(%)		(%)	
Producción de leche/hato-año	+ 11,8		- 6		+ 9,2	
Producción de terneros machos/hato-año	+ 12,2		- 6,5		+ 8,7	
Producción de hembras excedentes/hato-año	+ 44,5		+ 43,6		+ 26,0	
Producción de carne/hato-año	+ 36,3		+ 36,4		+ 22,8	

reproducción, mortandad y precocidad sobre la producción de leche, expresado en términos de unidades porcentuales.

#### 4.1.3 Producción de terneros machos/hato-año

En la Figura 6 se observa que una disminución en la eficiencia reproductiva del hato determina una merma en los kilogramos de terneros vendidos al cabo de un año; esto se debe a que si bien el alargamiento en cuatro meses del IEP produce un aumento porcentual del grupo de vacas en

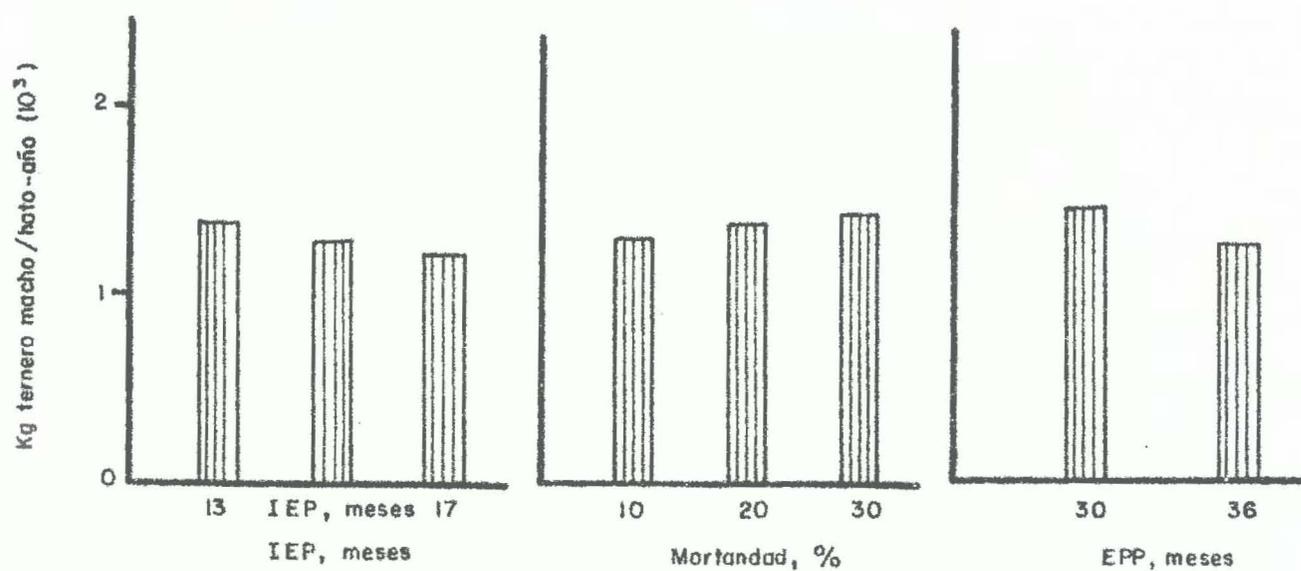


Fig. 6 Efecto de los factores reproducción, mortandad y precocidad sobre la producción de terneros machos/hato-año

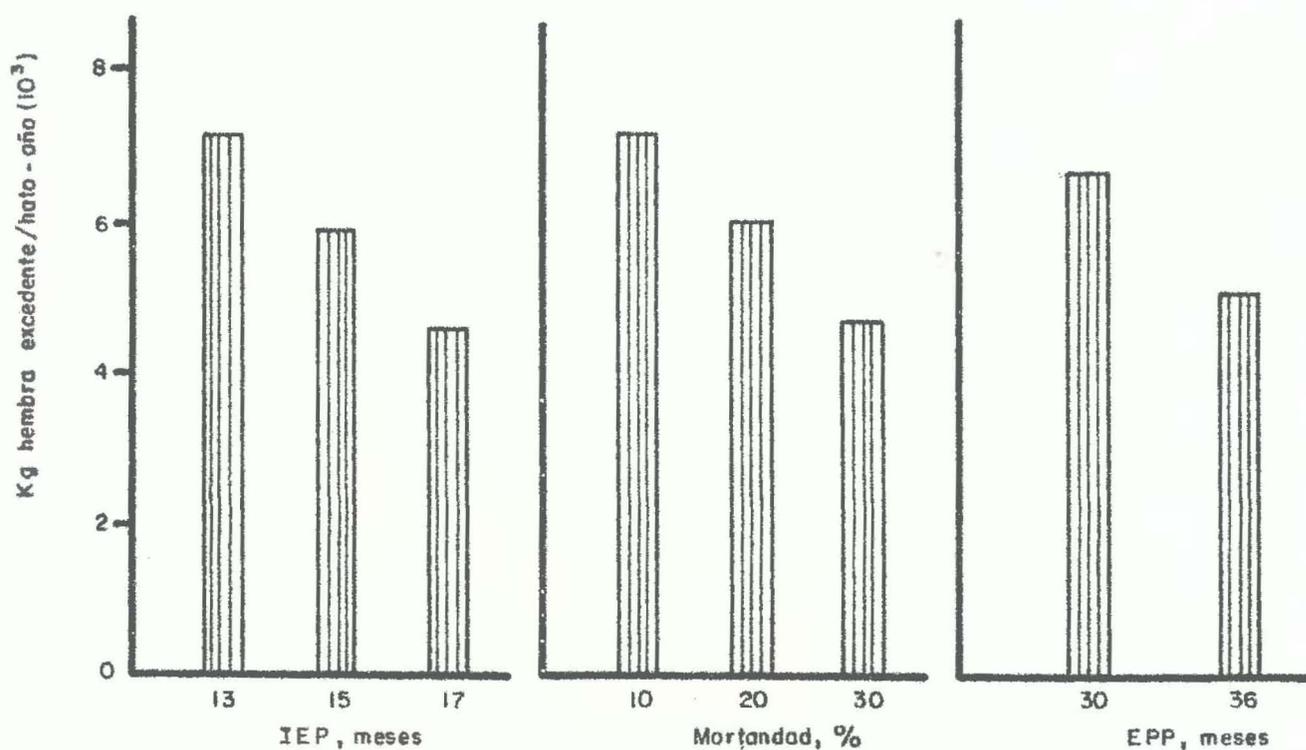


Fig. 7 Efecto de los factores reproducción, mortandad y precocidad sobre la producción de hembras excedentes /hato-año

en producción (Cuadro 1), la tasa de parición de estos animales desciende en un 20 por ciento. Niveles crecientes de mortandad, por el contrario, provocan un aumento en la producción de terneros debido al incremento en el número de vientres en producción (Cuadro 1). Cabe aclarar que si bien los niveles de mortandad afectan a los terneros hasta el primer año de vida, la venta de éstos no se ve afectada ya que se ha considerado como restricción el hecho de que los animales son vendidos en la primera semana de vida. Finalmente, una demora de seis meses en la EPP de las novillas de reposición determina una disminución en la producción de terneros lo cual se debe a que es menor el grupo de vacas en producción (Cuadro 1).

#### 4.1.4 Producción de hembras excedentes/hato-año

La Figura 7 muestra que el efecto de los factores reproducción y precocidad sobre la producción de kilogramos de hembras excedentes/hato-año, es similar al de la producción de terneros machos, o sea, que un aumento en el IEP y en la EPP de las novillas de reposición producen una merma en los kilogramos de hembras vendidas al cabo de un año. Al contrario de lo que ocurre con la producción de terneros machos/hato-año, niveles crecientes de mortandad determinan una fuerte disminución en la producción de hembras excedentes; esto es debido a que las tasas de mortandad provocan una merma en el flujo de hembras de las categorías inferiores (V2 y V3) que pasan a la categoría de vacas en producción (V4).

#### 4.1.5 Producción de carne/hato-año

En la Figura 8 se observa que el alargamiento del IEP, niveles crecientes de mortandad y el aumento de la EPP producen una disminución en la producción de carne al cabo de un año. En el Cuadro 3 se observa

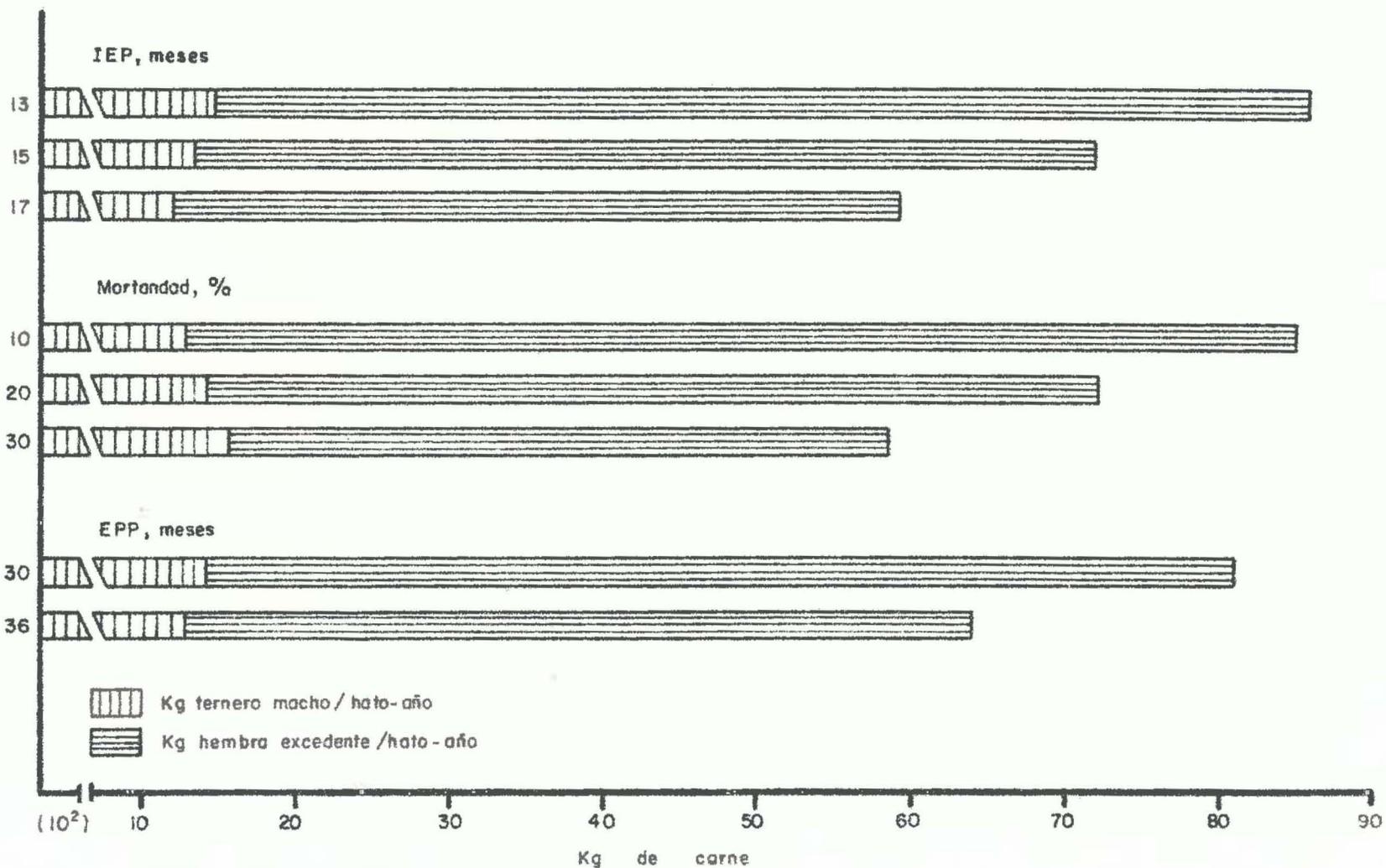


Fig.8 Efecto de los factores reproducción , mortandad y precocidad sobre la producción de carne /hato-año

que la variación porcentual entre niveles extremos para los factores reproducción y mortandad produce un aumento en la producción de carne/hato-año de 36 por ciento aproximadamente en ambos casos; un incremento en la precocidad determina un aumento porcentual de 22,8 por ciento.

En el Cuadro 1 del Apéndice se presenta el efecto de los factores reproducción, mortandad y precocidad sobre la producción de carne/hato-año, expresado en términos de unidades porcentuales.

#### 4.2 Indicadores económicos

##### 4.2.1 Ingreso bruto/hato-año (IB)

El Cuadro 4 muestra que el acortamiento del IEP determina un aumento en el IB; esta tendencia es explicable dado que la disminución en el largo del IEP produce un aumento en las producciones de leche (Fig. 5) y carne (Fig. 8), siendo ambos productos componentes del IB. Este factor registra la mayor variación porcentual aumentando a medida que se incrementa la relación C/L. Niveles decrecientes de mortandad reflejan una leve tendencia a disminuir el IB, esto se debe a que a medida que disminuyen las pérdidas en terneros desciente porcentualmente el número de vacas en producción (Cuadro 1) y consecuentemente los litros de leche producida/hato-año (Fig. 5). Cabe agregar que el aumento en la producción de carne/hato-año (Fig. 8) que tiene lugar con niveles decrecientes de mortandad, no compensa el efecto de la disminución en el volumen de leche producida/hato-año cuando la relación de precios C/L es 2 ó 3; en cambio cuando el precio relativo de la carne es alto (relación C/L:5) se observa una leve tendencia a aumentar el IB. Esta interacción entre los niveles de mortandad y los relaciones de precios C/L se muestra en la Figura 9.

Cuadro 4. Efecto de la variación entre niveles extremos de los factores reproducción, mortandad y precocidad sobre el ingreso bruto/hato-año, según tres relaciones de precios carne/leche.

Relación de precios carne/leche <sup>a/</sup>	Factores →→→	IEP, meses 17 →→→→ 13	Mortandad, % 30 →→→→ 10	EPP, meses 36 →→→→ 30
		(%)	(%)	(%)
2		+ 13,0	- 3,6	+ 9,5
3		+ 14,1	- 2,5	+ 10,4
5		+ 16,5	+ 0,4	+ 11,8

<sup>a/</sup> Precio 1 kg carne  
Precio 1 kg leche

El factor precocidad presenta la misma tendencia registrada por el factor reproducción; es decir, que el acortamiento en seis meses de la EPP produce un aumento en el IB; esta tendencia es de mayor magnitud a medida que aumenta el precio relativo de la carne.

El Cuadro 5 muestra la distribución porcentual del ingreso bruto en sus componentes carne y leche, según tres relaciones de precios C/L. Se observa que a medida que aumenta esta relación disminuye porcentualmente la importancia que ejerce el componente leche a nivel del ingreso bruto.

En el Cuadro 1 del Apéndice se presenta el efecto de los factores reproducción, mortandad y precocidad sobre el ingreso bruto/hato-año, expresado en términos de unidades porcentuales.

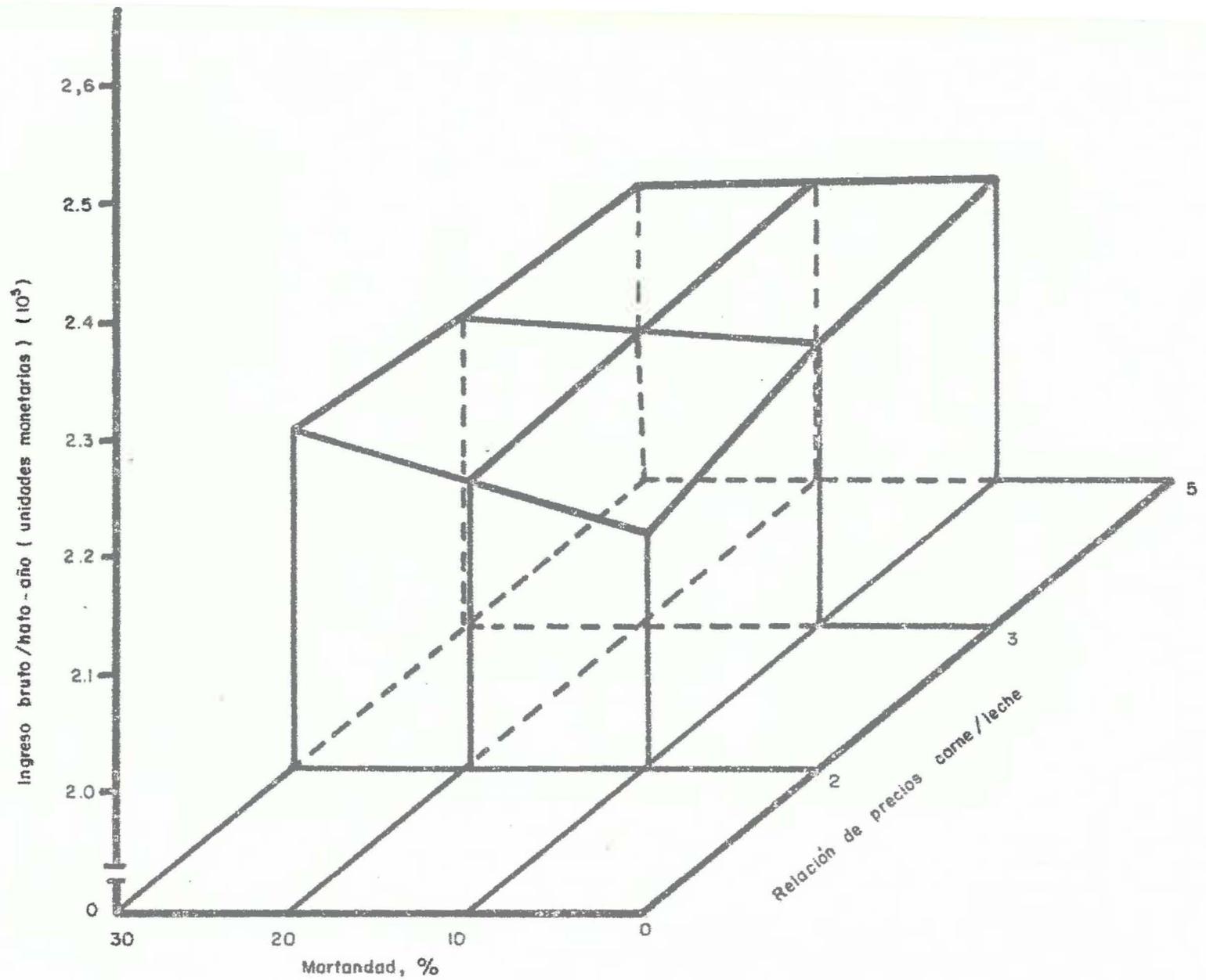


Fig.9 Variación del ingreso bruto/hato-año en función de diferentes niveles de mortandad y diferentes relaciones de precios carne/leche

Cuadro 5. Distribución porcentual del ingreso bruto en sus componentes carne y leche, según tres relaciones de precios carne/leche.

Relación precios C/L <u>a/</u>	C A R N E (%)			Leche (%)
	ternero macho	hembra excedente	Total <u>b/</u>	
2	2,4	5,6	8	92
3	3,6	7,9	11,5	88,5
5	5,5	12,2	17,7	82,3

a/ Precio 1 kg carne  
Precio 1 kg leche

b/ Carne total: ternero macho + hembra excedente

#### 4.2.2 Inversión animal/hato-año

En la Figura 10 se observa que el empeoramiento de la eficiencia reproductiva produce un incremento en el valor de la inversión en animales; esto es debido fundamentalmente a un aumento en el número de vacas en producción en detrimento de las otras categorías (Cuadro 1). Niveles crecientes de mortandad, sin embargo, no ejercen prácticamente influencia sobre la inversión animal ya que el número de animales totales no varía (Cuadro 1) y el aumento en inversión debido al incremento en el número de vacas en producción se compensa con la disminución en inversión que se registra en las otras categorías. Finalmente, una EPP más precoz redonda

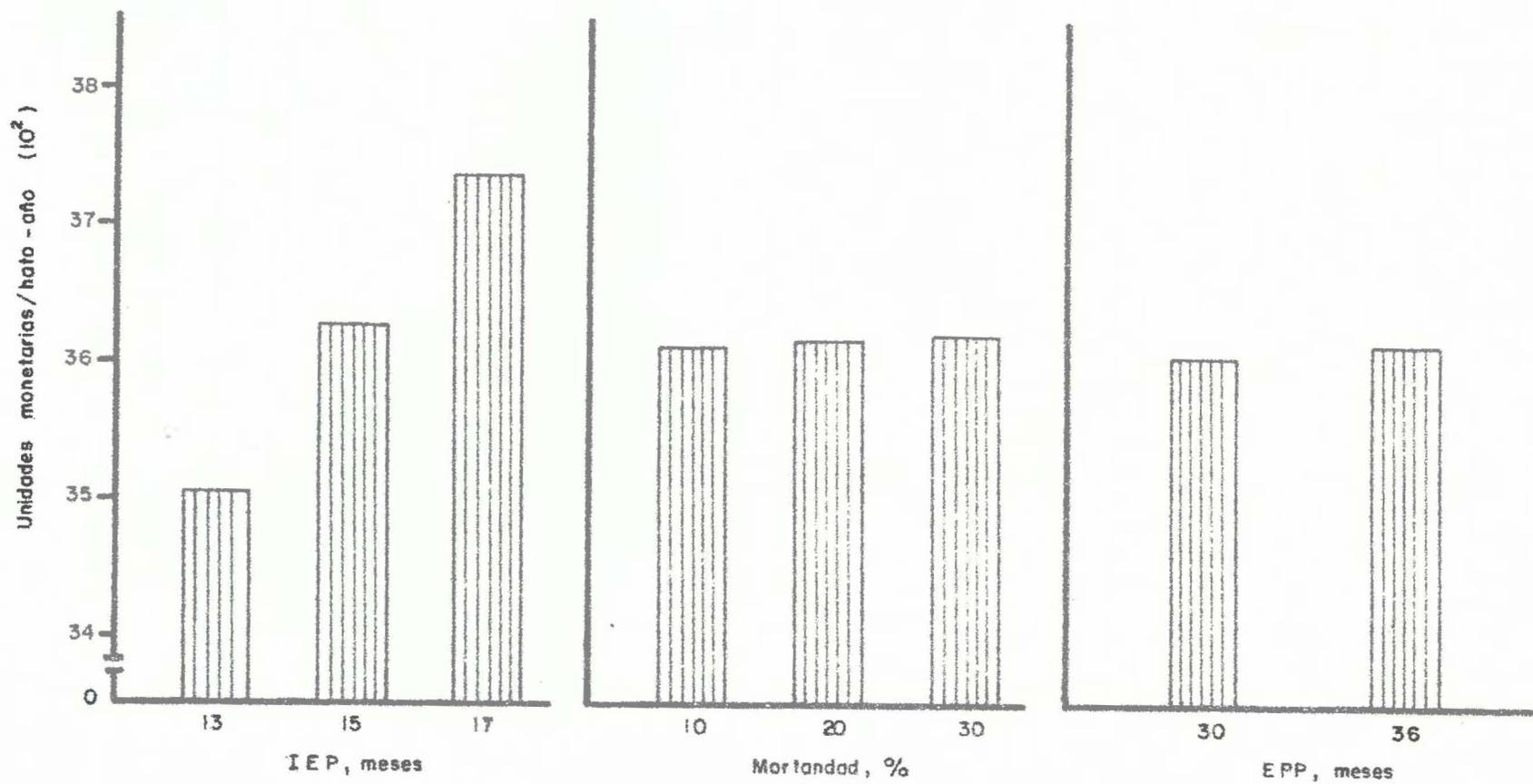


Fig. 10 Efecto de los factores reproducción, mortandad y precocidad sobre la inversión animal/hato-año

en una leve disminución en la inversión animal, ya que si bien hay un aumento en el número de animales totales y de vacas en producción (Cuadro 1) la inversión realizada en el número de reemplazos es consistentemente menor.

El Cuadro 6 muestra que la variación entre niveles extremos de eficiencia reproductiva determina una diferencia en inversión del orden del 6 por ciento, mientras que para los factores mortandad y precocidad esta diferencia es de apenas 0,4 y 0,5 por ciento, respectivamente.

Cuadro 6. Efecto de la variación entre niveles extremos de los factores reproducción, mortandad y precocidad sobre la inversión animal/hato-año.

Factores →→→	IEP, meses 17 →→→→ 13	Mortandad, % 30 →→→→ 10	EPP, meses 36 →→→→ 30
Indicador	(%)	(%)	(%)
Inversión animal/ hato-año	- 6,0	+ 0,5	- 0,4

#### 4.2.3 Relación IB/Costos Parciales/hato-año (relación IB/CP)

El Cuadro 7 muestra la variación porcentual en la relación IB/CP entre niveles extremos de los factores reproducción, mortandad y precocidad, según tres costos de alimentación y tres relaciones de precios C/L.

Cuadro 7. Efecto de la variación entre niveles extremos de los factores reproducción, mortandad y precocidad sobre la relación IB/CP/hato-año, según tres relaciones de precios carne/leche y tres relaciones de costos alimentación/leche.

Relación de precios carne/leche a/	Relación de precios alimentación/leche b/	IEP, meses	Mortandad, %	EPP, meses
		17 →→→→ 13 (%)	30 →→→→ 10 (%)	36 →→→→ 30 (%)
2	Bajo (.0125)	+ 22,0	- 4,3	+ 12,4
	Mediano (.025)	+ 16,6	- 3,5	+ 9,9
	Alto (.050)	+ 11,2	- 2,5	+ 7,0
3	Bajo (.0125)	+ 23,8	- 2,9	+ 13,4
	Mediano (.025)	+ 18,0	- 2,4	+ 10,6
	Alto (.050)	+ 12,0	- 1,7	+ 7,5
5	Bajo (.0125)	+ 27,2	+ 0,2	+ 15,3
	Mediano (.025)	+ 20,6	+ 0,2	+ 12,2
	Alto (.050)	+ 13,9	+ 0,2	+ 8,6

a/ Precio 1 kg carne  
Precio 1 kg leche

b/ Precio 1 Mcal EM alimento  
Precio 1 kg leche

Se observa que al disminuir cuatro meses el IEP se produce un aumento en la relación IB/CP, independientemente de los costos alimenticios y de las relaciones de precios; este valor es de mayor magnitud cuando el costo alimenticio es bajo y de menor magnitud con un costo de alimentación alto y una relación de precios C/L:2. Niveles decrecientes de mortandad determinan una leve disminución en esta relación que se manifiesta con los tres costos de alimentación y cuando la relación de precios C/L es 2 ó 3; sin embargo, cuando el precio relativo de la carne es 5 el valor derivado del aumento de la producción de carne (Fig. 8) sobrepasa al efecto de la disminución registrada en la producción de leche (Fig. 5) provocando, por consiguiente, un leve aumento en la relación IB/CP. Con respecto a la precocidad, se observa que el adelantamiento en seis meses de la EPP de las novillas de reposición produce un incremento en este indicador que se manifiesta con los tres costos de alimentación y las tres relaciones de precios C/L.

En la Figura 11 se muestra el efecto de los factores reproducción, mortandad y precocidad sobre la relación IB/CP con base en hato-año en comparación a vaca-año. Con respecto al factor reproducción, se ve que el alargamiento del IEP produce en ambos casos una disminución de la relación IB/CP, siendo esta tendencia de mayor magnitud cuando se la considera con base en vaca-año. El aumento de la tasa de mortandad en 20 unidades porcentuales produce un incremento en la relación IB/CP por hato-año; sin embargo, si se analiza esta relación con base en vaca-año, se observa una disminución a medida que aumentan los niveles de mortandad. Finalmente, el alargamiento en seis meses de la EPP de las novillas de reposición produce una disminución en la relación IB/CP por hato-año

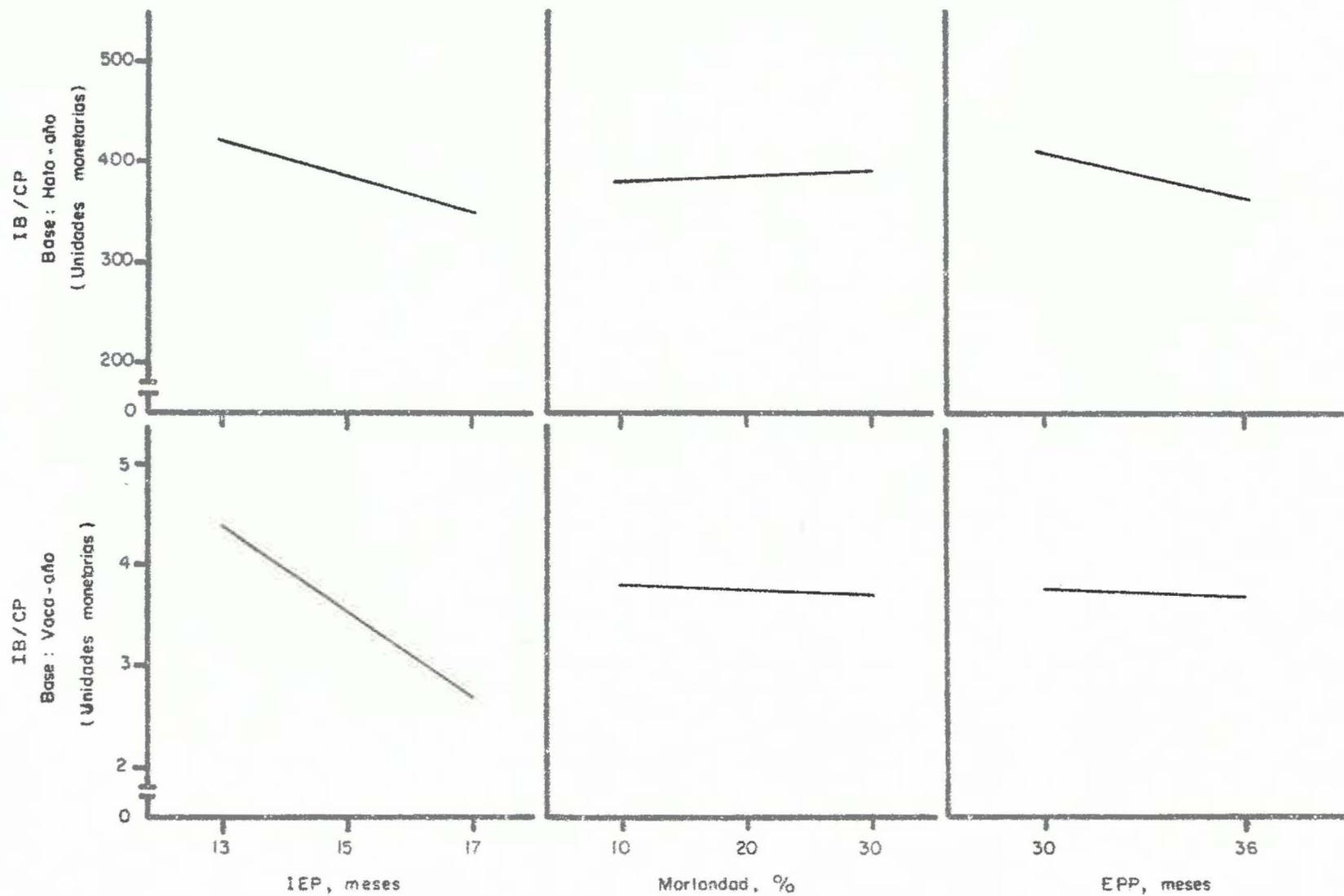


Fig. II Efecto de los factores reproducción, mortandad y precocidad sobre la relación IB/CP con base en hato-año vs. vaca-año

mientras que si se la considera con base en vaca-año ésta no tiende a variar.

En el Cuadro 1 del Apéndice se presenta el efecto de los factores reproducción, mortandad y precocidad sobre la relación IB/CP por hato-año, expresado en términos de unidades porcentuales.

### 4.3 Discusión general

#### 4.3.1 Reproducción

El mejoramiento de la eficiencia reproductiva produce, en hatos establecidos y bajo las suposiciones tomadas, una disminución en el número de vacas en producción a la vez que un aumento en el número de reemplazos y de hembras excedentes. Se incrementan las producciones de leche y carne, por consiguiente, aumentan el IB y la relación IB/CP. Se observa además una ligera disminución en la inversión animal (Cuadro 8).

Una de las suposiciones adoptadas en la presente investigación fue que el nivel de producción de leche utilizado (2400 kg por lactancia) fue ajustado según los tres niveles asignados al factor reproducción; varios estudios presentados en la literatura en los que se prueban las ventajas de un IEP corto, se basan también en esta suposición (14, 16, 86, 93, 99) y concuerdan con lo hallado en el presente trabajo. Sin embargo, Spalding (98) sostiene que los mismos deberían realizarse sobre la base de datos reales de lactancias completas y no sobre la base de registros de lactancias ajustadas a 305 días; bajo esta suposición, Conlin (26) encontró un IEP óptimo de 13 meses si la producción es mantenida hasta 60 días antes del parto mientras que un IEP de 14 meses resultó tan bueno como uno de 12 meses. Otro estudio realizado en Minnesota (26)

Cuadro 8. Efecto de la variación entre niveles extremos de los factores reproducción, mortandad y precocidad sobre los indicadores biológicos y económicos bajo estudio.

Factores →→→→	IEP, meses 17 →→→→ 13	Mortandad, % 30 →→→→ 10	EPP, meses 36 →→→→ 30
Indicadores	(%)	(%)	(%)
Número de vacas en producción/hato-año	- 14,7	- 6,5	+ 9,0
Número de reemplazos/hato-año	+ 12,2	+ 7,7	- 7,2
Número de hembras excedentes/hato-año	+ 56,1	+ 52,1	+ 16,7
Producción de leche/hato-año	+ 11,8	- 6,0	+ 9,2
Producción de carne/hato-año	+ 36,3	+ 36,4	+ 22,8
Inversión animal/hato-año	- 6,0	+ 0,5	- 0,4
Ingreso bruto/hato-año	+ 14,5	- 1,9	+ 10,5
Relación IB/CP / hato-año	+ 18,4	- 1,9	+ 12,7

reveló que un intervalo de 13 meses incrementó en un tres por ciento la producción de leche anual a la vez que aumentó en un seis por ciento el ingreso neto de la explotación, al compararlo con un IEP de 12 meses.

Lamb y Kopland (54) hallaron muy pocas diferencias entre IEP de 12 y 15 meses al comparar las producciones por día de vida de las vacas, explicando

que los animales con intervalos más prolongados permanecieron más tiempo en el hato e iniciaron más lactaciones; esto puede interpretarse como que los animales con menor eficiencia reproductiva eran más longevos o que la tasa de reposición aplicada sobre ellos fue menos intensa. Estos estudios revelan la importancia de mantener el nivel de producción hasta los 60 días previos al parto a los efectos de minimizar pérdidas en el rendimiento de leche y por ende en los ingresos, cuando los IEP se hallan alargados. Sin embargo, esta conclusión no parece ser aplicable al área tropical, dado los bajos niveles productivos y los cortos períodos en lactancia que se registran.

En el presente trabajo se encontró que el alargamiento en cuatro meses del IEP determina una disminución del IB del orden de 14,5 por ciento mientras que la relación IB/CP disminuye en un 18,4 por ciento, independientemente de las tres relaciones de precios C/L y de los tres costos de alimentación. Si bien no hay trabajos realizados en el trópico que reflejen las consecuencias económicas que acarrea un IEP prolongado son varios los trabajos realizados en zonas templadas (54, 56, 99). Así, Speicher y Meadows (99) concluyeron que una demora en la concepción a partir de los 86 días postparto ocasionó una disminución en los ingresos sobre los costos de alimentación de US\$0.78 por día; Louca y Legates (56) encontraron una pérdida menor del orden de US\$0.50 diarios a partir de los 60 días postparto. Si bien estos autores utilizaron otros indicadores económicos y estimaron la eficiencia reproductiva a través del intervalo parto-concepción, debe tenerse en cuenta que este intervalo es determinante del IEP por lo cual los valores hallados son directamente extrapolables a IEP prolongados y reflejan la misma tendencia hallada en

el presente trabajo.

Dada la importancia que ha demostrado tener el factor reproducción sobre el comportamiento biológico y económico del hato ya que disminuye la producción de leche, el número de terneros nacidos y la cantidad de hembras excedentes corresponde analizar los principales motivos que determinan la baja fertilidad de los hatos en el trópico. Entre las principales causas que explican los intervalos entre partos excesivamente prolongados que se registran en este medio, cabe mencionar la inadecuada observación de celos que debe ser considerada la causa primaria de anestro aparente (65, 85). Un estudio realizado en Louisiana (41), comprobó que la duración del estro en zonas subtropicales es cinco horas más corta que en zonas templadas atribuyendo como anestro a celos no detectados. Por lo tanto, y dada la corta duración del estro en la vaca serían necesarias más de dos observaciones por día (30). En segundo término, deben mencionarse fallas para concebir derivadas de errores en las técnicas de inseminación artificial o baja fertilidad en los toros (109). Variaciones en comportamiento reproductivo debidas a diferentes épocas de apareamiento se ha encontrado que es otro importante factor estrechamente ligado a problemas de subnutrición (86). Finalmente, debe tenerse en cuenta que la alta temperatura y humedad ambiental determinan una elevada mortalidad embrionaria (41).

#### 4.3.2 Mortandad

Con base en los niveles utilizados para los factores bajo estudio y según las suposiciones tomadas en el presente trabajo, el factor mortandad es el que menos influencia ejerce sobre los indicadores biológicos y

económicos. En términos generales, la disminución de la tasa de mortandad en 20 unidades porcentuales produce a nivel de los indicadores biológicos una disminución en el número de vacas en producción mientras que aumenta el número de reemplazos y de hembras excedentes; disminuye levemente la producción de leche a la vez que aumenta la producción de carne. Con respecto a los indicadores económicos se produce una leve disminución en el IB y en la relación IB/CP mientras que la inversión en animales prácticamente no varía (Cuadro 8).

A nivel de hatos establecidos que fue una de las restricciones adoptadas en la presente investigación, es indudable que el principal efecto que ejerce este factor es el de limitar el potencial de selección a través de su efecto sobre el número de hembras excedentes, lo cual concuerda con otros autores (31, 65, 93). Sin embargo, en hatos en desarrollo, es lógico esperar que se incremente la influencia del factor mortandad.

Dado los altos índices de mortandad que se registran en el trópico, es necesario implementar medidas que permitan disminuirlos a niveles aproximados al 10 por ciento anual. Una de las principales causas determinantes de la mortandad que se registra en la primera etapa de la vida de los animales es la alta incidencia parasitaria (90); sería importante realizar estudios en el trópico a los efectos de identificar los principales parásitos actuantes y conocer sus ciclos de vida con el objeto de elaborar planes de manejo que permitan controlar esta enfermedad. Otras causas lo constituyen la inadecuada alimentación a que se los somete así como a la falta de un adecuado calendario sanitario.

### 4.3.3 Precocidad

El factor precocidad registra en general las mismas tendencias presentadas por el factor reproducción sobre los indicadores bajo estudio, aunque de menor magnitud (Cuadro 8). Las únicas excepciones son a nivel del número de vacas en producción que aumentan al adelantar seis meses la EPP de las novillas de reposición, determinando, por consiguiente, una disminución en el número de reemplazos.

El acortamiento en seis meses de la EPP en las novillas de reposición produce un aumento en la producción de leche/hato-año de 18.000 litros aproximadamente y es debido a un aumento en el grupo de vacas en producción resultantes del adelantamiento en la época de servicio. Con respecto a la producción de terneros, se registra en los hatos con EPP de 30 meses un incremento promedio de 3,5 terneros machos/hato-año, aproximadamente. Varios trabajos (23, 38, 42, 100) presentan las mismas tendencias registradas en esta investigación. Así, Stettwiesser (100) encontró que el número de terneros nacidos vivos y la producción de leche se incrementaron en novillas que parían a los 30 - 32 meses con respecto a aquéllas que lo hacían a los 40 - 42 meses. Castañeda et al. (23) hallaron que una vaca que tenía su primer parto a partir de los 1000 días, perdía más de una lactancia y un ternero si se lo comparaba con una vaca patrón, en la que el primer parto acontece a los 750 días y que tiene un IEP de 365 días.

En relación a la incidencia económica que este factor ejerce a nivel de hato, el adelantamiento en seis meses de la EPP de las novillas de reposición produce un incremento en el IB de 10,5 por ciento, y en la relación IB/CP de 12,7 por ciento; este aumento en precocidad determina

una disminución en la inversión animal de apenas 0,4 por ciento (Cuadro 8). Gill y Allaire (39) encontraron un incremento en el retorno por día de vida en el hato de US\$0.50 para vacas que parían a los 25 meses con respecto a aquéllas que lo hacían más tardíamente; Lin y Allaire (57) hallaron que la disminución de seis meses en la EPP fue equivalente a un incremento de 138 kg en la primera lactancia. Ambos trabajos son consistentes con lo hallado en la presente investigación. Cabe aclarar que el adelanto del EPP trae aparejado no sólo un incremento en las producciones de leche y carne, sino que también se aumenta el progreso genético anual debido a que se acorta el intervalo entre generaciones.

En términos generales, el ganado en el trópico madura tardíamente; esto puede ser debido, en razas europeas, a evidentes problemas de adaptación mientras que en el caso de ganado nativo la causa es su composición genética (85). Las medidas a tomar para lograr edades al primer parto a los 30 meses o inferiores deberían ser, en primer término, la elección de una raza adaptada al trópico con una edad a la pubertad no superior a los 13 meses, alta tasa de crecimiento y eficiente conversión de alimentos; en segundo término, es necesario proporcionarle a este grupo racial un adecuado plan nutricional tratando de evitar en lo posible fluctuaciones estacionales. Finalmente, debe proveérsele un adecuado manejo y control sanitario a los efectos de impedir retrasos en el crecimiento; el control de parásitos es de gran importancia ya que influye marcadamente en la tasa de ganancia diaria así como en la eficiencia de conversión alimenticia (90).

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Bajo las suposiciones adoptadas en el presente estudio y de acuerdo con los resultados obtenidos, se puede concluir que:

1. La reproducción, estimada a través del intervalo entre partos, es el factor que tiene mayor influencia sobre las producciones de leche y carne y los ingresos económicos de la explotación.
2. El factor precocidad registra las mismas tendencias presentadas por el factor reproducción sobre los indicadores económicos, aunque de menor magnitud.
3. La mortandad solo ejerce influencia sobre la producción de carne/hato-año y el número de hembras excedentes/hato-año. *10610*
4. Dada la importancia del factor reproducción, deben investigarse las causas y problemas relacionadas con intervalos entre partos prolongados.

### SE RECOMIENDA:

1. Enfatizar la importancia que tiene la reproducción en el manejo de la explotación lechera, en relación con los factores precocidad y mortandad.
2. Repetir este estudio con base en hatos en desarrollo.
3. Integrar el efecto de los factores estudiados con otros como tamaño corporal, por ciento de grasa butirométrica y producción de leche por lactancia. *(Carrocho, 1981)*

## 6. RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el Programa de Bovinos y Especies Menores del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, en Turrialba, Costa Rica. Los objetivos fueron evaluar el efecto de los factores reproducción, mortandad y precocidad sobre el comportamiento biológico y económico de un hato lechero, e identificar áreas que requieren más investigación y prioridades a nivel de explotación.

Con base en la información generada en este Centro, se asignaron tres niveles al factor reproducción estimado a través del intervalo entre partos (IEP): 13, 15 y 17 meses; tres niveles al factor mortandad: 10, 20 y 30 por ciento anual y dos niveles al factor precocidad estimado a través de la edad al primer parto (EPP): 36 y 30 meses. Mediante la técnica de simulación se generaron 18 estructuras de hato resultantes de las combinaciones entre los diferentes niveles asignados a los factores bajo estudio.

Se calcularon luego los requisitos de estos hatos a través de un año y se los comparó con un nivel alimenticio constante, determinando diferentes producciones de leche y carne. Tomando en cuenta las estructuras de hato, las producciones de leche y carne, así como diferentes relaciones de precios carne/leche y costos de alimentación relativos a leche, se generaron diferentes indicadores biológicos y económicos.

Los resultados indicaron que el acortamiento en cuatro meses del IEP produjo, a nivel de los indicadores biológicos, una disminución en el número de vacas en producción, a la vez que un aumento en el número de reemplazos y de hembras excedentes; se incrementaron también las

producciones de leche y carne. Con respecto a los indicadores económicos, se observó un aumento en el ingreso bruto de 14,5 por ciento y en la relación ingreso bruto/costos parciales de 18,4 por ciento. Se encontró además, una disminución en la inversión animal de 6,0 por ciento.

El descenso en la tasa de mortandad desde 30 a 10 por ciento produjo a nivel de las estructuras de hato la misma tendencia presentada por el factor reproducción aunque de menor magnitud, disminuyendo la producción de leche a la vez que aumentó la producción de carne. Esto determinó una leve disminución en el ingreso bruto y en la relación ingreso bruto/costos parciales, de 1,9 por ciento en ambos casos. La inversión animal prácticamente no varió.

Finalmente, la disminución en seis meses de la EPP determinó un aumento en el número de vacas en producción y consecuentemente una disminución en el número de reemplazos, aumentando además el número de hembras excedentes. Con respecto a los indicadores económicos, se produjo un incremento en el ingreso bruto de 10,5 por ciento mientras que la relación ingreso bruto/costos parciales aumentó 12,7 por ciento. La inversión animal apenas varió 0,4 por ciento.

Los tres factores bajo estudio (reproducción, precocidad y mortandad) mantuvieron su importancia **relativa** (en ese orden) bajo un amplio rango de precios carne/leche y costos de alimentación relativos a leche, cuando fueron evaluados por los indicadores económicos. La reducción en la tasa de mortandad en terneros desde 30 a 10 por ciento, produjo una respuesta económica negativa cuando las relaciones de precios carne/leche eran 2 ó 3, pero una respuesta positiva cuando esta relación era 5.

## 6A. SUMMARY

This study was carried out at the Bovines and Small Animals Program of the Tropical Agricultural Research and Training Center (CATIE), in Turrialba, Costa Rica. The objectives were to evaluate the effects of reproduction, calf mortality and precocity in terms of several biological and economic indicators of a dairy herd and to identify prioratories for application and further research on the level of herd-unit enterprises.

Based on previous results at this Center, the following factors and levels were chosen for study: reproduction, as 13, 15 or 17 months calving interval; calf mortality as 10, 20 or 30 per cent and precocity as 30 or 36 months age at first calving. By simulation methods 18 distinct herd structures were generated representing the various combinations of these factors. For each resulting herd the energy requirements for one year was calculated. Assuming a fixed quantity of feed energy available, production of milk and beef (cull cows and surplus calves) was calculated for the various herds. Several ratios of prices beef:milk and feed: milk were utilized to obtain some simple economic indicators.

The results indicated that a shortening of the calving interval by four months would reduce the number of producing cows as a consequence of raising more heifers; a larger number of females could be culled and the herd would produce more milk and beef. The economic consequence would be a 14.5 per cent increase in gross returns from sales of beef and milk, and a 18.4 per cent increase in the ratio gross returns/feed and animal costs as well as a slight (6%) reduction in investment in animals.

A reduction in calfhood mortality from 30 to 10 per cent would cause herd structure changes similar to those of improved reproduction but would reduce milk production while increasing beef sales. Consequently, there would be a slight (1.9%) reduction in gross returns and a similar reduction in gross returns/feed and animal costs, whereas the investment in animals would be practically unchanged.

Finally, a reduction of six months in the average age at first calving would cause an increase in the number of producing cows and a corresponding reduction in replacement heifers as well as more females culled. The economic indicators would thus favor gross returns by 10.5 per cent and the ratio of gross returns/costs of feed and animals by 12.7 per cent while the total investment in animals would remain nearly the same.

The three factors under study (reproduction, precocity and mortality) maintained their relative importance (as listed) over a wide range of relative prices of beef/milk and widely variable feed costs when evaluated by the economic indicators. Reducing calf mortality rates from 30 to 10 per cent resulted in negative economic responses with low priced beef but showed a positive response when beef was relatively high in price.

## 7. LITERATURA CITADA

1. ALEXANDER, M. H. Length of gestation in five breeds of dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 33(6):377-378. 1950. (Abstr.).
2. ALVAREZ, J. R. Evaluación de 25 años de selección en un hato lechero del trópico húmedo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE, 1973. 58 p.
3. ALVES NETTO, F. et al. Average performance of cows in herds milk-recorded by The Sao Paulo Association of Cattle Breeders in 1945-1966. *Animal Breeding Abstracts* 38(1):56. 1970.
4. AMBLE, V.N., KRISHNAN, K. S. y SONI, P. N. Age at first calving and calving interval for some Indian herds of cattle. *Indian Journal of Veterinary Science and Animal Husbandry* 28(2):83-92. 1958.
5. \_\_\_\_\_ y JAIN, J. P. Comparative performance of different grades of crossbred cows on military farms in India. *Journal of Dairy Science* 50(10):1695-1702. 1967.
6. ANDERSEN, H. y PLUM, M. Gestation length and birth weight in cattle and buffaloes; a review. *Journal of Dairy Science* 48(9):1224-1235. 1965.
7. ANDERSON, D. C. y BELLOWS, R. A. Some causes of neonatal and post-natal calf losses. *Journal of Animal Science* 26(4):941. 1967. (Abstr.).
8. ASKER, A. A. y EL-ITRIBY, A. A. Calf losses, sex ratio, abortion and twinning of native, European and crossbred cattle in Egypt. *Indian Journal of Dairy Science* 10(4):191-200. 1957.
9. BARROZ, H. M., BIZUTTI, O., REINER, M. R. y TABARELLI, J. F. Observation on the reproductive pattern of zebu cattle raised in range conditions in the state of Sao Paulo, Brazil. II. Some observations on the calving intervals. *Animal Breeding Abstracts* 37(3):433-434. 1969.
10. BODISCO, V., CEVALLOS, E. y CARNEVALLI, A. Influencia de la estación climática sobre la producción de vacas criollas lecheras. *ALPA Memoria* 1:141. 1966.
11. \_\_\_\_\_, CARNEVALLI, A., CEVALLOS, E. y GOMEZ, J. R. Cuatro lactancias consecutivas en vacas Criollas y Pardo Suizas en Maracay, Venezuela. *ALPA Memoria* 3:61. 1968.

12. BODISCO, V., VERDE, O. y WILCOX, C. J. Producción y reproducción en un lote de ganado Pardo Suizo. ALPA Memoria 6:81. 1971.
13. BOYD, L. J., SEATH, D. M. y OLDS, D. Relationship between level of milk production and breeding efficiency in dairy cattle. Journal of Animal Science 13(1):89-93. 1954.
14. BOZWORTH, R. W., WARD, G., CALL, E. P. y BONEWITZ, E. R. Analysis of factors affecting calving intervals of dairy cows. Journal of Dairy Science 55(3):334-338. 1972.
15. BRANTON, C., GRIFFITH, W. S., NORTON, H. W. y HALL, J. G. The influence of heredity and environment on the fertility of dairy cattle. Journal of Dairy Science 39(7):933. 1956. (Abstr.).
16. BRITT, J. H. Early postpartum in dairy cows; a review. Journal of Dairy Science 58(2):266-271. 1975.
17. BUCH, N. C., TYLER, W. J. y CASIDA, L. E. Postpartum estrus and involution of the uterus in an experimental herd of Holstein-Friesian cows. Journal of Dairy Science 38(1):73-79. 1955.
18. \_\_\_\_\_, TYLER, W. J. y CASIDA, L. E. Variations in some factors affecting the length of calving intervals. Journal of Dairy Science 42(2):298-304. 1959.
19. CARMAN, G. M. Interrelations of milk production and breeding efficiency in dairy cows. Journal of Animal Science 14(3):753-759. 1955.
20. CARMONA, S. y MUÑOZ, H. Intervalo entre partos y número de servicios por preñez en vacas Criollas, Jersey y Encastadas de Suizo en clima tropical húmedo. ALPA Memoria 1:7. 1966.
21. CARNEIRO, G. G. y LUSH, J. L. Reproductive rates and growth of purebred Brown Swiss cattle in Brazil. Journal of Dairy Science 37(10):1145-1157. 1954.
22. \_\_\_\_\_, BROWN, P. y MEMORIA, J. M. P. Reproductive efficiency of European dairy breeds at Pedro Leopoldo. Arquivos da Escola Superior de Veterinaria o Universidade Rural, Estado de Minas Gerais 10:25. 1957.
23. CASTAÑEDA, J. R., ESCOBAR, J. A. y BERRUECOS, D. J. Pérdidas económicas por problemas reproductores. II. Efecto de la edad al primer parto en los espacios interpartos subsecuentes en ganado Holstein. Técnica Pecuaria en México 20:5-9. 1967.
24. CASTILLO, L. S., PALAD, O. A., CLAMOHOY, L. L., NAZARENO, L. E. y SARAQ, F. B. Progress report: six years of Holstein-Red Sindhi crossbreeding work. Animal Breeding Abstracts 26(2):139-140. 1958.

25. CEVALLOS, C., HERRERA, M. H., RIERA, R., RIOS, C. E. y BODISCO, V. Comportamiento productivo del ganado de la región de Carora (Venezuela) de 1961 a 1965. ALPA Memoria 3:194. 1968.
26. CONLIN, B. J. Use of records in managing for good lactational and reproductive performance of dairy cattle. Journal of Dairy Science 54(3):377-385. 1974.
27. CRICHTON, J. A., AITKEN, J. N. y BOYNE, A. W. The effect of plane of nutrition during rearing on growth, production, reproduction and health of dairy cattle. I. Growth to 24 months. Animal Production 1(2):145-162. 1959.
28. DAVIS, H. P. Reproductive efficiency in a Holstein herd 1897-1950. Journal of Dairy Science 34(6):495. 1951. (Abstr.).
29. DE ALBA, J. El ordeño con ternero y la eficiencia reproductiva en el bovino. Turrialba (Costa Rica) 10(2):64-67. 1960.
30. \_\_\_\_\_, VILLA CORTA, E. y ULLOA, G. Influence of natural service on length of oestrus in the cow. Animal Production 3(1):327-330. 1961.
31. \_\_\_\_\_. Reproducción y genética animal. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1964. 446 p. (IICA. Textos y Materiales de Enseñanza no. 15).
32. DE FRIES, J. C., TOUCHBERRY, R. W. y HAYS, R. G. Heritability of the length of the gestation period in dairy cattle. Journal of Dairy Science 42(4):598-606. 1959.
33. DE PINHO MORGADO, F. Mortality rate and fertility in dairy cattle at the Central Animal Breeding Station, Chobela. Animal Breeding Abstracts 24(2):128. 1956.
34. DHILLON, J. S. et al. Factors affecting the interval between calvings and conception in Harijana cattle. Animal Production 12(1): 81-87. 1970.
35. DICKINSON, F. N. y TOUCHBERRY, R. W. Livability of purebred dairy cattle. Journal of Dairy Science 44(5):879-887. 1961.
36. EVERETT, R. W., ARMSTRONG, D. V. y BOYD, L. J. Genetic relationship between production and breeding efficiency. Journal of Dairy Science 49(7):879-886. 1966.
37. FOOTE, R. H. Symposium of Dairy cattle fertility: inheritance of fertility - facts, opinions, and speculations. Journal of Dairy Science 53(7):936-944. 1970.

38. GETHIN, R. H. The age at first calving of dairy cattle in relation to subsequent performance; a review. *Animal Breeding Abstracts* 18(2):133-141. 1950.
39. GILL, G. S. y ALLAIRE, F. R. Genetic and phenotypic parameters for a profit function and selection method for optimizing profit in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 59(7):1325-1333. 1976.
40. HADI, M. A. Environmental factors causing variations in gestation period of Deoni cattle in Maharashtra state. *The Indian Veterinary Journal* 43(3):231-236. 1966.
41. HALL, J. G., BRANTON, C. y STONE, J. E. Estrus, estrus cycles, ovulation time, time of service and fertility of dairy cattle in Louisiana. *Journal of Dairy Science* 42(6):1086-1094. 1959.
42. HANSSON, A. The effect of age at first calving on growth, and economy of production. *Animal Breeding Abstracts* 11(3):163-167. 1941.
43. HARRISON, D. S., MEADOWS, C. E., BOYD, L. J. y BRITT, J. H. Effect of interval to first service on reproduction, lactation, and culling in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 57(5):628-629. 1974. (Abstr.).
44. HAYS, R. L. Effect of breed, season, and age on the interval of calving to first heat. *Journal of Dairy Science* 40(6):630. 1957. (Abstr.).
45. HERNANDEZ, P. A. Estudio de las características de mayor repercusión económica en la reproducción de bovinos de leche puros y mestizos. Zona Central de Venezuela. *Revista Veterinaria Venezolana* 18(104):153-175. 1965.
46. HOLTZ, E. W., LABEN, R. C., MURRILL, F. D., LAMB, R. C. y PLOWMAN, R. D. Milk production and its relationship to breeding efficiency. *In Annual Meeting of American Dairy Science Association, 71st., Raleigh, North Carolina, 1976.* s.p.
47. JAFAR, S. M., CHAPMAN, A. B. y CASIDA, L. E. Causes of variation in length of gestation in dairy cattle. *Journal of Animal Science* 9(4):593-601. 1950.
48. JOHANNSSON, I. What is the most suitable service interval? *Animal Breeding Abstracts* 22(5):212-213. 1954.
49. \_\_\_\_\_. Genetic aspects of dairy cattle breeding. Illinois, University of Illinois Press. 1961. 259 p.

50. JOVIANO, R., CARNEIRO, G. G., MEMORIA, J. M. P., CABALCANTI, G. R. P., COSTA, R. de V. y CHACHAMOVITZ, N. Establishment of a crossbred Jersey herd and its reproductive efficiency. *Arquivos da Escola de Veterinária, Universidade de Minas Gerais* 15:101. 1963.
51. KOGER, M., MITCHELL, J. S., KIDDER, R. W., BURNS, W. C., HENTGES, J. F. y WARNICK, A. C. Factors influencing survival in beef calves. *Journal of Animal Science* 26(1):205. 1967. (Abstr.).
52. KRISHNA RAO, C. Studies on reproduction in Ongole cattle; a preliminary note. *Indian Veterinary Journal* 43(11):981-985. 1966.
53. \_\_\_\_\_. Studies on reproduction in Malvi cattle. II. Age at first calving, calving interval and post-partum to conception interval. *Indian Veterinary Journal* 43(9):805-811. 1966.
54. LAMB, R. C. y KOPLAND, D. V. Influence of age at first calving and calving intervals on production per day of life and total life-time production. *Journal of Dairy Science* 46(6):628-629. 1963.
55. LEMKA, L. et al. Reproductive efficiency and viability in two *Bos indicus* and two *Bos taurus* breeds in the tropics of India and Colombia. *Journal of Animal Science* 36(4):644-652. 1973.
56. LOUCA, A. L. y LEGATES, J. E. Production losses in dairy cattle due to days open. *Journal of Dairy Science* 51(4):573-583. 1968.
57. LIN, C. Y. y ALLAIRE, F. R. Relative efficiency of selection methods for profit in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 60(12):1970-1978. 1977.
58. MAGOFKE, J. C. Estimación del mejoramiento genético en producción de leche, grasa y largo de lactancia en el ganado Criollo lechero de Turrialba. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1972. 110 p.
59. \_\_\_\_\_ y BODISCO, V. Estimación del mejoramiento genético del ganado Criollo lechero en Maracay, Venezuela, entre los años 1955-64. *ALPA Memoria* 1:105. 1966.
60. \_\_\_\_\_, DE ALBA, J. y MUÑOZ, H. Informe de progreso sobre mejoramiento genético de ganado Criollo lechero en Turrialba. *ALPA Memoria* 4:77. 1966.
61. MAHADEVAN, P. An analysis of the European herds of dairy cattle at Ambawela and Bopatalawa. *Animal Breeding Abstracts* 28(2):123. 1960.
62. \_\_\_\_\_. Variation in performance of European dairy cattle in Ceylan. *Journal of Agricultural Science* 48(2):164-170. 1957.

63. MAHADEVAN, P., DAVIDSON, J. G., COWLISHAW, S. J., SEALE, A. G., LONG, P. S. y JOHANSSON, H. E. Performance of grade Holstein cattle in the southern Caribbean. *Animal Breeding Abstracts* 38(4):562. 1970.
64. \_\_\_\_\_ y MARPLES, H. J. S. An analysis of the Entebbe herd of Uganda cattle in Uganda. *Animal Production* 3(1):29-39. 1961.
65. \_\_\_\_\_. Breeding for milk production in tropical cattle. London, England, Technical Communication no. 11. Commonwealth Bureau of Animal Breeding. 1966. 154 p.
66. MALTOS, R. J. Genetic and environmental trends of growth and production in experimental herds under humid tropical conditions in Costa Rica. Ph.D. Thesis. Texas A&M University. 1969. 108 p.
67. \_\_\_\_\_, CARTWRIGHT, T. C. y DE ALBA, J. Dos etapas de crecimiento de ganado lechero en el trópico húmedo. *ALPA Memoria* 5:35. 1970.
68. MARION, G. G. y GIER, H. T. Factors affecting bovine ovarian activity after parturition. *Journal of Animal Science* 27(6):1621-1626. 1968.
69. MARPLES, H. J. S. y TRAIL, J. M. C. An analysis of a comercial herd of dairy cattle in Uganda. *Tropical Agriculture* 44(1):69-75. 1967.
70. MATSOUKAS, J. y FAIRCHILD, T. P. Effects of various factors on reproductive efficiency. *Journal of Dairy Science* 58(4):540-544. 1975.
71. McDOWELL, R., FLETCHER, Y. y JOHNSON, S. Gestation length, birth weight and age at first calving of crossbred cattle with varying amounts of Red Sindhi and Jersey breeding. *Journal of Animal Science* 18(4):1430-1437. 1959.
72. McINTYRE, K. H. Milk production from *Bos taurus* dairy cows in Fiji. *Animal Breeding Abstracts* 40(2):246-247. 1972.
73. MILLER, P., VAN VLECK, L. D. y HENDERSON, C. R. Relationships among herd life, milk production and calving interval. *Journal of Dairy Science* 50(8):1283-1287. 1967.
74. MORALES, J. C. Características de producción y reproducción en un hatu Guernsey en la zona alta de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1972. 46 p.
75. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirement of dairy cattle. Washington, D. C., National Academy of Science, 1970. 55 p.

76. NEGRON, A. T. Características de producción y reproducción de un hato lechero en la zona húmeda de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1974. 58 p.
77. NORMAN, H. D. y THOELE, H. W. Effects of calving interval upon 305-day milk and fat production. *Journal of Dairy Science* 50(6):975-976. 1967. (Abstr.).
78. OLDS, D. y SEATH, D. M. Repeatability, heritability and the effect of level of milk production on the occurrence of first estrus after calving in dairy cattle. *Journal of Animal Science* 12(1):10-14. 1953.
79. \_\_\_\_\_ y COOPER, T. Factors affecting calving intervals in Kentucky dairy herd improvement association herds. *Journal of Dairy Science* 53(5):670. 1970. (Abstr.).
80. OSMAN, H. A. y EL AMIN, F. M. Some dairy characteristics of Northern Sudan Zebu cattle. II. Inheritance of some reproductive and milk production traits. *Tropical Agriculture* 48(3):201-208. 1971.
81. PEARSON, L., WAUGH, R. K., SALAZAR, B., BOTERO, F. M. y ACOSTA, O. Milking performance of Blanco Orejinegro and Jersey crossbred cattle. *Animal Breeding Abstracts* 36(3):404. 1968.
82. \_\_\_\_\_. Some aspects of the performance of purebred and crossbred dairy cattle in the tropics. I. Reproductive efficiency in females. *Animal Breeding Abstracts* 41(12):571-589. 1973.
83. \_\_\_\_\_. Some aspects of the performance of European purebred and crossbred dairy cattle in the tropics. II. Mortality and culling rates. *Animal Breeding Abstracts* 42(3):93-103. 1974.
84. \_\_\_\_\_. Some aspects of European purebred and crossbred dairy cattle in the tropics. III. Growth, size and age at first calving in Holstein-Friesians and their crosses. *Animal Breeding Abstracts* 43(10):493-505. 1975.
85. \_\_\_\_\_. Some aspects of European purebred and crossbred dairy cattle in the tropics. IV. Growth, size and age at first calving in Brown Swiss, Jersey and other breeds and their crosses. *Animal Breeding Abstracts* 43(12):645-656. 1975.
86. PELLISIER, L. Herd breeding problems and their consequences. *Journal of Dairy Science* 55(3):385-391. 1972.
87. PEROZO, T. Características de reproducción y producción de un hato Holstein en la zona de altura del trópico. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1971. 39 p.

88. RAGAB, M. T. y ASKER, A. A. Losses of the Friesian calves in the Tahreer Province. *Animal Breeding Abstracts* 28(2):113. 1960.
89. RENDEL, J. Factors influencing gestation length in Swedish breeds of cattle. *Animal Breeding Abstracts* 28(4):395. 1960.
90. REVERON, A. Efecto de los parásitos gastrointestinales sobre la capacidad productiva de los rumiantes. *In Seminario sobre la producción de leche en Venezuela, Maracaibo, 1973. Caracas, Consejo Nacional de Investigaciones Agronómicas, 1973. pp. 104-123.*
91. RIOS, C. E. y BODISCO, V. Estado actual de los estudios de ganado lechero en el Centro de Investigaciones Agronómicas, Venezuela, Ministerio de Agricultura y Cría de Venezuela. *Boletín Técnico no. 11. 1962. 13 p.*
92. RIPLEY, R. L., TUCKER, W. L. y VOELKER, H. H. Effect of days open on lactation production. *Journal of Dairy Science* 53(5):654-655. 1970. (Abstr.).
93. SALISBURY, G. W. y VANDEMARK, N. L. Fisiología de la reproducción e inseminación artificial de los bovinos. Trad. de José María Santiago Luque. Zaragoza, España, Acribia, 1964. 707 p.
94. SCHAEFFER, L. R. y HENDERSON, C. R. Effects of days dry and days open on Holstein milk production. *Journal of Dairy Science* 55(1):107-112. 1972.
95. SHAHIN, M. A., EL-ITRIBY, A. A. y BARRADA, M. S. Thirty two years of European cattle breeding in UAR. (A) Mortality rates and culling. *Animal Breeding Abstracts* 36(3):425-426. 1968.
96. SILVA, H. M., WILCOX, C. J. y BECKER, R. B. Age at first parturition and productive life span of Florida dairy cows. *In Annual Meeting of American Dairy Science Association, 71st., Raleigh, North Carolina, 1976. s.p.*
97. \_\_\_\_\_, WILCOX, C. J., SPURLOCK, A. H. y MARTIN, F. G. Factors affecting days open, gestation length and calving interval of Florida dairy cows. *In Annual Meeting of American Dairy Science Association, 71st., Raleigh, North Carolina, 1976. s.p.*

98. SPALDING, R. W. Improving dairy cattle reproductive efficiency. In Annual Meeting of American Dairy Science Association, 71st., Raleigh, North Carolina, 1976. s.p.
99. SPEICHER, J. A. y MEADOWS, C. E. Milk production and costs associated with length of calving interval of Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 50(6):975. 1967. (Abstr.).
100. STETTWEISSER, H. The effect of early calving and month of calving on economy. *Animal Breeding Abstracts* 22:212. 1954.
101. TORRES, B. I. Comportamiento reproductivo de varios grupos raciales de ganado lechero en el trópico húmedo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1972. 52 p.
102. TRIMBERGUER, G. W. Conception rates in dairy cattle at various intervals after parturition. *Journal of Dairy Science* 37(8):1042-1049. 1954.
103. VEIGA, J. S. y BARNABE, R. C. Eficiencia reproductiva de un rebanho de ganado Jersey criado no vale do Paraíba (Estado de Sao Paulo), Brasil. *Revista da Faculdade de Medicina Veterinaria (Brasil)* 7(2):389-400. 1965.
104. VENEZUELA, CENTRO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS. Anuario 63. Maracay. 1969. 91 p.
105. WELLINGTON, K. E., MAHADEVAN, P. y ROACHE, K. L. Production characteristics of the Jamaica Hope breed of dairy cattle. *Animal Breeding Abstracts* 39(1):60. 1971.
106. WIJERATNE, W. V. S. Crossbreeding Sinalha cattle with Jersey and Friesian in Ceylan. *Animal Production* 12(3):473-483. 1970.
107. WILTON, J. W., BURNSIDE, E. B. y RENNIE, J. C. The effects of days dry and days open on the milk and butterfat production of Holstein-Friesian cattle. *Canadian Journal of Animal Science* 47(1):85-90. 1967.
108. ZURITA, J. y DE ALBA, J. Productividad de un hato encastado de Holstein en el noreste del trópico mexicano. *Revista Mexicana de Producción Animal* 2(1):3-11. 1969.
109. ZEMJANIS, R. y SANINT, D. E. Fertilidad de ganado en Colombia. *Agricultura Tropical* 19(1):7-15. 1963.

8. APENDICE

Cuadro 1. Efecto de los factores reproducción, mortandad y precocidad sobre algunos indicadores biológicos y económicos expresados en términos de unidades porcentuales.

Indicadores	Factores		
	IEP, meses 17 → 13	Mortandad, % 30 → 10	EPP, meses 36 → 30
	(%/%)	(%/%)	(%/%)
Producción de leche/ hato-año	+ 0,4	- 0,2	+ 0,5
Producción de carne/ hato-año	+ 1,34	+ 1,46	+ 1,27
IB/hato-año	+ 0,54	- 0,08	+ 0,58
Relación IB/CP/ hato-año	+ 0,68	- 0,08	+ 0,71