

EFFECTO DE LA SUPLEMENTACION DE CONCENTRADOS LIQUIDOS  
Y LA RESTRICCIÓN DEL PASTOREO EN LA PRODUCCIÓN DE LECHE

Tesis de Grado de Magister Scientiae

ORLANDO MOLINA ESPINOSA



INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA  
Centro Tropical de Enseñanza e Investigación  
Departamento de Ganadería Tropical  
Turrialba, Costa Rica  
Julio, 1973

EFFECTO DE LA SUPLEMENTACION DE CONCENTRADOS LIQUIDOS Y LA  
RESTRICCION DEL PASTOREO EN LA PRODUCCION DE LECHE

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

APROBADA:



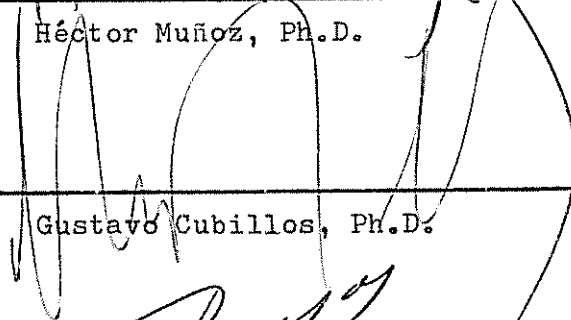
Consejero

Karel Vohnout, Ph.D.



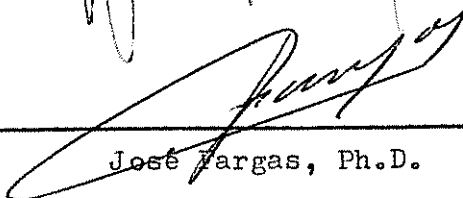
Comité

Héctor Muñoz, Ph.D.



Comité

Gustavo Cubillos, Ph.D.



Comité

José Vargas, Ph.D.

Julio, 1973

AGRADECIMIENTO

El autor desea agradecer:

Al Dr. Karel Vohnout, Consejero Principal, por sus enseñanzas y consejos, e inapreciable colaboración en la realización de este trabajo.

A los Drs. Héctor Muñoz, Gustavo Cubillos y José Fargas por su ayuda y consejo.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Ecuador, por la confianza y apoyo brindados para la realización de sus estudios de postgrado.

## BIOGRAFIA

El autor nació en marzo de 1943 en Ambato, Ecuador. Realizó sus estudios primarios en el Pensionado Leonardo Murialdo, y los secundarios en los Colegios Juan Pío Montúfar y García Moreno, en Quito, Ecuador.

En 1969 se graduó de Ingeniero Agrónomo en la Universidad Central de Ecuador. Desde esa fecha ingresó a trabajar como investigador en el Programa de Ganadería Lechera de la Estación Experimental Santa Catalina, del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Ecuador, en donde colabora actualmente.

En septiembre de 1971 ingresó como estudiante graduado al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, en Turrialba, Costa Rica, para realizar estudios de postgrado en el Departamento de Ganadería Tropical, egresando en julio de 1973.

## CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION .....	1
2. REVISION DE LITERATURA .....	3
2.1. Valor nutritivo del forraje consumido por animales en pastoreo .....	3
2.2. Suplementación con concentrados .....	4
2.3. Sistemas de suplementación .....	6
2.4. Suplementación con melaza a vacas lecheras ....	6
3. MATERIALES Y METODOS .....	9
3.1. Localización .....	9
3.2. Manejo .....	9
3.3. Datos colectados .....	12
3.4. Análisis matemático .....	12
4. RESULTADOS Y DISCUSION .....	17
4.1. Consumo de concentrado .....	17
4.2. Incremento de peso .....	22
4.3. Incremento de producción de leche .....	29
4.4. Discusión general .....	38
5. RESUMEN Y CONCLUSIONES .....	41
5a. SUMMARY AND CONCLUSIONS .....	43
6. LITERATURA CITADA .....	45
7. APENDICE .....	51

## LISTA DE CUADROS

Cuadro N <sup>o</sup>		<u>Página</u>
1	Horario de pastoreo y corral .....	10
2	Composición del concentrado .....	11
3	Análisis químico del concentrado .....	11
4	Consumo de concentrado .....	17
5	Requisitos y consumo de concentrado en animales con más de catorce horas de corral ..	18
6	Incremento de peso .....	22
7	Análisis de variancia para incrementos diarios de peso vivo .....	24
8	Incrementos de producción de leche .....	31
9	Análisis de variancia para incrementos de producción de leche .....	34
 <u>Apéndice</u>		
Cuadro N <sup>o</sup>		
10	Efecto del peso inicial, incremento de peso pre-experimental e incremento de leche pre-experimental sobre la producción de leche y el incremento de peso experimentales .....	52
11	Estratificación de la variancia .....	53

## LISTA DE FIGURAS

Figura N <sup>o</sup>		<u>Página</u>
1	Consumo de concentrado/vaca/día .....	19
2	Consumo de concentrado de acuerdo con los períodos experimentales .....	21
3	Relación entre la producción inicial de leche y el incremento de peso durante el período experimental .....	23
4	Incremento diario de peso .....	25
5	Efecto diferencial del pastoreo y del suplemento concentrado sobre el incremento de peso .....	28
6	Incrementos de peso de acuerdo con los períodos experimentales .....	30
7	Relación entre la producción inicial de leche y su incremento durante el período experimental .....	32
8	Producción diaria de leche .....	33
9	Efecto diferencial del pastoreo y del concentrado sobre el incremento de la producción de leche .....	36
10	Incrementos de producción de leche de acuerdo con los períodos experimentales .....	37
11	Consumo de concentrado, producción de leche, e incremento de peso .....	39

## 1. INTRODUCCION

A pesar de que el ganado en pastoreo puede seleccionar el forraje que consume, los pastos con frecuencia no alcanzan a proveer los nutrimentos requeridos por vacas de alta producción. Esto es especialmente notorio en energía. Por consiguiente, se hace necesaria la suplementación mediante concentrados.

La información disponible en la literatura sobre sistemas de alimentación y sobre requerimientos nutritivos del ganado, obtenida bajo condiciones de confinamiento en climas templados, no puede aplicarse adecuadamente para animales en pastoreo directo en praderas tropicales. En estas condiciones, el animal en pastoreo, en comparación con el animal estabulado, gasta energía adicional en el acto de pastorear. Sin embargo, por su capacidad selectiva, logra ingerir mayor cantidad de nutrimentos por unidad de volumen de pasto. Todo esto hace difícil diseñar sistemas de suplementación de concentrados. Este factor presenta por lo menos tres efectos importantes: un efecto aditivo del concentrado sobre el valor nutritivo del pasto, que es el que se está buscando. Un efecto sustitutivo indeseable, pues implica el uso de un alimento más caro, el concentrado, en lugar del pasto, excepto en condiciones en que este último escasea. El concentrado en ciertas circunstancias puede también mejorar la utilización del pasto y causar otros tipos de interacciones. En consecuencia, para desarrollar sistemas de alimentación que sean más eficientes para vacas lecheras en pastoreo, la evaluación cuantitativa para determinar el nivel óptimo de administración de concentrados debe hacerse experimentalmente.



Con base en estas consideraciones, los objetivos del presente estudio fueron:

1. Determinar los efectos de una ración líquida a base de melaza sobre la producción de vacas lecheras en pastoreo en el trópico.
2. Estudiar la posibilidad de desarrollar sistemas de alimentación utilizando raciones líquidas a base de melaza como suplemento al pastoreo.

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1. Valor nutritivo del forraje consumido por animales en pastoreo

En cualquier programa relacionado con el mejoramiento de la eficiencia de producción láctea, es esencial determinar los requerimientos nutricionales del animal y en qué extensión pueden ser éstos satisfechos por los pastos. Las tablas de alimentación son fuentes o guías de información para requisitos y para valores nutritivos de los alimentos y de algunos pastos, pero estos datos han sido obtenidos bajo condiciones específicas, generalmente en confinamiento y no pueden aplicarse adecuadamente para animales en pastoreo directo (33, 50, 51). El forraje pastoreado difiere marcadamente en composición del forraje ofrecido en establo, lo cual se debe a la habilidad de los animales para recoger forraje más alto en proteínas y energía y más bajo en fibra (1, 29, 34, 58). Las actividades de pastoreo requieren de 40 a 50% más gasto de energía (58) que el necesario para el mantenimiento en confinamiento y a veces aún más, por lo que es incierto si el contenido de energía del pasto seleccionado compensa el gasto en las actividades de pastoreo. Para vacas de alta producción, los pastos no alcanzan a proveer los nutrimentos requeridos, especialmente en lo que se refiere a energía (1, 18, 27, 40), pues el animal llena su capacidad de consumo. Esto es especialmente notorio en forrajes tropicales, por la baja digestibilidad de los mismos (1, 25). La cantidad de forraje consumido en pastoreo depende mucho de factores extrínsecos, como la disponibilidad y el ambiente y de factores

intrínsecos, como la digestibilidad, especie de pasto, composición química, estado de madurez y gustosidad (16, 41, 56, 70). En investigaciones realizadas en praderas mejoradas de clima templado, donde se permitía 1/2 Ha/vaca de 590 Kg, se comprobó que los animales consumían regularmente 13,5 Kg de materia seca, o sea alrededor de 2,3% de su peso. Si se lograba mantener estos niveles de consumo, el forraje ingerido contenía más de 67% de NDT, condiciones bajo las cuales se calculó que una vaca de 590 Kg, podía llenar sus requisitos de mantenimiento, compensar la energía gastada en pastorear y producir 9 Kg de leche con 4% de grasa sin ayuda de concentrados (1). Félix (20) trabajando con animales en pastoreo sobre Pangola (Digitaria decumbens Stent) y Guinea-Gordura (Panicum maximum Jacq - Melinis minutiflora Beauv), encontró que el balance de proteína de los pastos fue siempre positivo con relación a los requerimientos de mantenimiento y producción de las vacas, mientras que el requisito energético no se llegó a cubrir. Lo anterior está de acuerdo con lo determinado por Louis (39), quien encontró que los forrajes tropicales sólo no llenan los requisitos energéticos de una producción de leche de 8 Kg/día.

## 2.2. Suplementación con concentrados

Un plan nutricional que contemple el uso de concentrados en la dieta, usualmente resulta en incrementos de la producción de leche, principalmente debido al más alto consumo de energía (6, 10, 37, 49) y al aumento de la digestibilidad de la materia seca, proteína cruda, extracto etéreo y extracto libre de nitrógeno (5). Sin embargo, si

se alimenta a los animales con grandes cantidades de productos concentrados, se les puede forzar a un tipo de metabolismo que les hace engordar (11), lo cual es antagónico con una eficiente producción de leche (45).

En la primera parte de la lactación, las vacas de alta producción tienen una necesidad crítica de energía (11). Si durante este período no se proveen suficientes nutrimentos con la dieta, las vacas pueden perder un exceso de reservas de su cuerpo para producir leche y quizás afectar toda la lactancia. Parece entonces que es aconsejable proveer concentrado ad libitum durante este período para suplir los requerimientos de energía con el alimento (9, 52, 57, 58) y obtener la máxima producción. Después de rebasar el pico de la curva de lactación, la alimentación de las vacas con concentrado ad libitum, podría resultar anti-económica y la eficiencia de utilización de nutrimentos podría disminuir (52, 65). Sin embargo en este punto hay divergencias entre autores. Hancock (27), después de trabajar durante tres años con vacas gemelas idénticas, a las que sometió a diferentes tratamientos con restricción del forraje consumido en pastoreo, encontró que la adición de concentrados ad libitum a una dieta de pasto de buena calidad durante todo el período de lactancia de los animales, resultó en sustanciales aumentos de la producción láctea. Aparentemente las vacas de leche fueron capaces de consumir concentrado aunque hubieran llenado su apetito por consumo de pasto. Estos resultados son similares a los encontrados por Louis (39) quien no detectó diferencias significativas entre el consumo de materia seca de los forrajes cuando las vacas eran alimentadas con y sin suplemento

concentrado. Beaudoin (4) sin embargo, encontró que el consumo de materia seca del pasto es mayor cuando no se proporciona concentrado y decrece al suplementar melaza. Guarrochena (25) trabajando con pastos Pangola y Guinea, observó la misma tendencia depresora por parte del concentrado sobre el consumo de pasto.

### 2.3. Sistemas de suplementación

La práctica más comúnmente usada para la administración de concentrados es la suplementación ad libitum a las vacas en pastoreo (6, 16, 52, 65). Usando este sistema se han encontrado consumos promedios por vaca entre 15 y 19 Kg, cuando la restricción del pastoreo era más severa (6, 16, 52). También se acostumbra dar el concentrado de acuerdo con la producción de los animales (3, 6, 10). En este caso, la proporción recomendada es 1:3,5, es decir que por cada 3,5 Kg de leche ajustada al 4% de grasa que produzca la vaca, se le dará 1 Kg de concentrado (6, 52). Otro sistema de suplementación se fundamenta en la vigilancia del peso corporal. Caffree (11), alimentó las vacas ajustando los niveles de consumo semanalmente, para mantener estable el peso corporal del animal al nivel post-parto. En esta forma, los máximos niveles de consumo de concentrado como de forraje se tuvieron en la quinta semana de lactancia de las vacas. Sin embargo el punto máximo de producción se localizó alrededor de la tercera semana.

### 2.4. Suplementación con melaza a vacas lecheras

Siendo la energía el principal factor limitante de la producción láctea de vacas en pastoreo (28), se hace necesario disponer de un

suplemento energético barato que complemente al pasto. En el trópico la melaza puede servir a este fin.

En comparación con animales alimentados con dietas conteniendo cantidades equivalentes de carbohidratos en forma de almidón, al suplementar melaza a las vacas, se produce la elevación del pH del rumen, disminución de la concentración total de ácidos grasos volátiles (AGV) y se alteran las proporciones de AGV, disminuyendo el acético y aumentando el propiónico y butírico (19, 36, 41, 43). Marty y Sutherland (42), encontraron aumentos en la capacidad de los microorganismos para metabolizar el ácido láctico producido en el rumen a ácido butírico, al adaptarse los animales a una dieta alta en melaza, después de haber sido previamente alimentados sólo con forraje.

La inclusión de melaza en la dieta tiende a disminuir la eficiencia de utilización de energía para producción de leche (53). Lo anterior puede deberse a que la melaza reduce la digestibilidad de los otros componentes de la ración o a la menor eficiencia de utilización de la energía metabolizable (EM) en comparación con el almidón. Se ha observado una relación inversa entre la cantidad de melaza y la digestibilidad de la fibra cruda (7, 12, 23, 41), proteína cruda (7, 15, 38) y extracto etéreo (18, 23). Esto puede explicarse en parte por el hecho de que los microorganismos del aparato digestivo tendrían preferencia por los carbohidratos más simples de la melaza (7, 8, 12), como fuente de energía.

Resultados experimentales clásicos indican que la melaza puede utilizarse con ventaja en la alimentación de vacas lecheras, cuando se le incluye hasta en un 25% en el concentrado (31, 44, 60, 62).

Guzmán (26) proporcionando melaza a niveles de 1,8, 2,7 y 3,6 Kg/día/vaca, como suplemento al pastoreo sobre Pangola altamente fertilizado, encontró aumentos significativos en la producción de leche en comparación con el testigo. En otros trabajos, al reemplazar un 50% de los nutrimentos totales de la ración por los de la melaza, se ha observado una significativa reducción en la producción de leche (31, 44, 61, 66). Finalmente, se ha notado que al aumentar el nivel de melaza a un 25% o más de la ración, aparentemente tiene un efecto deprimente sobre la calidad de la canal y una acción laxante. Se ha atribuido este efecto a las altas concentraciones de sales minerales, especialmente sódicas y potásicas (19, 69).

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Localización

Este estudio se llevó a cabo en las dependencias y laboratorios del Departamento de Ganadería Tropical del IICA-CTEI, en Turrialba, Costa Rica. La Estación Experimental se encuentra a 645 m.s.n.m., a 83º, 39', 40" de longitud oeste y a 9º, 55', 21" de latitud norte. Temperatura media anual de 22,5ºC, media máxima y mínima de 27 y 17ºC respectivamente. Precipitación pluvial 2600 mm, distribuidos uniformemente durante todo el año, siendo diciembre el mes más lluvioso y los más secos febrero, marzo y abril. Humedad relativa promedio 87%. Se inició en enero de 1973, concluyéndose en mayo de 1973.

#### 3.2. Manejo

Para la realización del presente trabajo se construyeron 15 corrales de aproximadamente 24 metros cuadrados, con separaciones de alambre liso de acero sostenido por viguetas de hierro y con piso de cemento. Cada corral alojó a 4 animales y estuvo provisto de un comedero para concentrado y un bebedero.

El ensayo tuvo una duración de 111 días, divididos en tres períodos de 37 días, de los cuales 7 días fueron de adaptación de los animales y los 30 restantes de recolección de datos. Se usaron 200 vacas lecheras en producción entre el segundo y sexto mes de lactancia. Para determinar el efecto de la producción inicial de las vacas sobre la respuesta a la suplementación, los animales fueron divididos en tres grupos de acuerdo a su nivel pre-experimental de producción sin



ajuste por grasa: vacas "buenas", que producían más de 8 Kg/día, "medianas", entre 6-8 Kg/día y "malas", menos de 6 Kg/día. En cada período se mantuvieron en experimentación 71,63 y 66 vacas respectivamente, las cuales se repartieron al azar en 6 tratamientos consistentes en diferentes horarios de pastoreo. En cada tratamiento se mantuvo el mismo número de vacas "buenas", "medianas" y "malas". El consumo de concentrado estuvo regulado por el tiempo que el ganado permaneció en el corral luego del ordeño. El consumo de pasto se reguló por el tiempo que los animales estuvieron en el potrero.

Cuadro 1. Horario de pastoreo y corral.

Tratamiento	Horas pastoreo	Horas corral	Relación pastoreo/corral
1	1	18,5	0,0540
2	3	16,5	0,1818
3	7,5	12,0	0,6250
4 <sub>f</sub>	11,0	8,0	1,3750
5	16,5	2,0	8,2500
6	18,5	0,0	infinito

Se usaron dos sistemas de pastoreo, el uno con rotación diaria y el otro con una rotación cada 3,5 días, con la misma carga animal por unidad de superficie. Las vacas experimentales fueron repartidas al azar en los dos sistemas, respetando el criterio expuesto sobre su producción inicial. El pasto utilizado fue "Estrella africano"

(Cynodon plectostachyus • K. Schum) (Pilger). Las vacas fueron ordeñadas dos veces al día (4:00 am. y 3:00 pm.), tomándose datos de producción individual una vez por semana. El contenido de grasa de la leche de cada vaca se determinó en muestras individuales una vez por mes, por el método de Babcock. La producción de leche fue corregida al 4% de grasa, según los factores de Gaines y Davidson (21). El concentrado debió cubrir las necesidades nutritivas teóricas de mantenimiento y producción de las vacas.

Cuadro 2. Composición del concentrado.

Producto	Porcentaje
Harina de algodón	18
Harina de carne (tankage)	8
Melaza	74
Vitamina A	2500 UI/Kg

Cuadro 3. Análisis químico del concentrado.

Materia seca %	Ceniza %	Proteína cruda %	Extracto etéreo %	Fibra %	E.L.N. %	N.D.T. %
76,53	11,38	16,10	1,82	7,78	62,92	80,00

### 3.3. Datos colectados

- a) Producción individual diaria de leche
- b) Consumo de concentrado por cada tratamiento y cada nivel de producción
- c) Porcentaje de grasa de la leche de cada vaca
- d) Peso inicial y final de las vacas en cada período experimental
- e) Producción pre-experimental
- f) Incremento pre-experimental de la producción.

### 3.4. Análisis matemático

El incremento diario de producción de leche se obtuvo mediante la ecuación:

$$Z = a + bx$$

en donde:

Z = producción diaria de leche, kg/vaca

x = tiempo, días

a = producción inicial

b = tasa de incremento diario de producción de leche

Los valores de incremento de producción diaria de leche fueron expresados como incrementos sobre la producción del grupo de pastoreo total después de 30 días de tratamiento.

El incremento diario de peso corporal de los animales se obtuvo dividiendo el incremento total de peso durante el período experimental para el número de días en que se logró esa ganancia.

Para el análisis matemático, los parámetros indicados fueron corregidos mediante análisis de regresión lineal, en la siguiente forma:

Los incrementos diarios de producción de leche obtenidos durante el período experimental fueron corregidos con la siguiente función:

$$Y = B_0 + B_1x_1 + B_2x_2 + B_3x_3$$

en donde:

- $x_1$  = incrementos diarios de producción de leche + 0,8 veces los incrementos diarios de peso obtenidos en el período anterior al ensayo
- $x_2$  = peso inicial de los animales
- $x_3$  = producción inicial de leche.

Se usó el factor 0,8 para transformar en producción de leche el incremento de peso, pues la eficiencia de conversión del tejido de reserva a leche, determinado por Moe (48), es aproximadamente 0,8.

Los incrementos diarios de peso durante el período experimental fueron corregidos con la siguiente función:

$$Y = B_0 + B_1x$$

en donde:

- $x$  = peso inicial de los animales

Con los parámetros de incrementos de producción diaria de leche e incrementos de peso de los animales durante el período experimental se realizaron análisis de variancia. Además, con el fin de obtener funciones de respuesta para el consumo de concentrado, incremento de peso e incremento de leche, se hicieron varios análisis de regresión.

Con el objeto de transformar la variable discontinua horas de corral a una variable continua, se usó como variable independiente la relación horas en corral/horas en pastoreo.

Para evaluar el consumo de concentrado se utilizó la ecuación:

$$Y = a (1 - e^{-cx})$$

donde:

Y = consumo de concentrado, Kg/animal/día

a = consumo máximo de concentrado (valor asintótico)

c = tasa relativa de cambio

x = horas en corral/horas en pastoreo.

Para evaluar el incremento de peso se utilizó la ecuación:

$$W = A + b_1 e^{-c_1 x} + b_2 e^{-c_2/x} = Y_1 + Y_2$$

donde:

$$W_1 = a_1 + b_1 e^{-c_1 x}$$

$$W_2 = a_2 + b_2 e^{-c_2/x}$$

$W_1$  = efecto del suplemento concentrado sobre el incremento de peso + efecto del pastoreo sobre la utilización del concentrado.

$W_2$  = Efecto del pastoreo sobre el incremento de peso + efecto del suplemento concentrado sobre la utilización del pasto.

W = incremento de peso, Kg/animal/día

$$A = a_1 + a_2$$

$a_1$  = efecto del suplemento concentrado a cero horas de pastoreo.

$a_2$  = efecto del pastoreo a cero horas de corral.

$$b_1 = W_1(0) - a_1$$

$c_1$  = tasa relativa de cambio para el efecto del suplemento concentrado.

$$b_2 = W_2(0) - a_2$$

$c_2$  = tasa relativa de cambio para el efecto del pastoreo.

$W_1(0)$  = punto de intersección a cero horas de corral.

$W_2(0)$  = punto de intersección a cero horas de pastoreo.

$x$  = horas en corral/horas en pastoreo.

Para evaluar el incremento de la producción de leche se utilizó la ecuación:

$$Z = a_1(1 - e^{-c_1 x}) - a_2 e^{-c_2/x} = Z_1 + Z_2 - a_2$$

donde:

$$Z_1 = a_1(1 - e^{-c_1 x})$$

$$Z_2 = a_2(1 - e^{-c_2/x})$$

$Z_1$  = efecto del concentrado sobre la producción de leche.

$Z_2$  = efecto del pastoreo sobre la producción de leche.

$Z$  = incremento de la producción de leche, Kg/animal/día.

$a_1$  = efecto del suplemento concentrado a cero horas de pastoreo.

$a_2$  = efecto del pastoreo a cero horas de corral.

$c_1$  = tasa relativa de cambio para el efecto del suplemento concentrado.

$c_2$  = tasa relativa de cambio para el efecto del pastoreo.

$x$  = horas en corral/horas en pastoreo.

Los análisis de regresión se hicieron usando una modificación al método iterativo de Vogel (67).

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSION

##### 4.1. Consumo de concentrado

En el Cuadro 4 se muestra los consumos promedios por día de los animales dentro de cada tratamiento. Como puede verse, el consumo de concentrado fue incrementándose conforme los animales permanecían mayor tiempo en los corrales y menor tiempo en los potreros. Las vacas con 8 horas de corral consumieron una cantidad ligeramente superior que las de 12 horas de corral, posiblemente porque aquéllas estuvieron en los potreros solamente por las noches. Esto se reflejaría en un menor consumo de pasto (32, 63) y por lo tanto llegarían a los corrales con capacidad para un mayor consumo de concentrado. Es posible también que esta variación de la tendencia se deba simplemente al error experimental.

Cuadro 4. Consumo de concentrado.

Horas en corral	Consumo Kg/animal/día
18,5	12.969
16,5	11.951
12,0	8.490
8,0	8.643
2,0	4.836
0,0	0.000



En la Figura 1 se puede ver que los incrementos de consumo son cada vez menores conforme aumenta el tiempo de corral. Un consumo próximo al valor asintótico se logró alrededor de las 14 horas de corral. Cabe destacar que a pesar de que los animales ya no consumían más concentrado a partir de este horario, aún tenían tiempo y capacidad de consumo de pasto, según se estimó en un trabajo con toretes y una ración de melaza con harina de algodón y urea, en que se obtuvo resultados semejantes (68).

Tomando en consideración el consumo de 11 Kg de concentrado (Figura 1), por cada vaca que tenía 14 o más horas de corral/día, estos animales sobrepasaron los requerimientos de proteína especificados por el NRC (51) (Cuadro 5). Además, pudieron consumir también algo de pasto.

Cuadro 5. Requisitos y consumo de concentrado en animales con más de catorce horas de corral.

	Proteína cruda (Kg)	N.D.T. (Kg)
Requisitos:		
Mantenimiento	0,47	2,80
Incremento de peso	0,14	1,03
Producción de leche	0,67	2,83
Total	1,28	6,66
Consumo	1,61	6,74

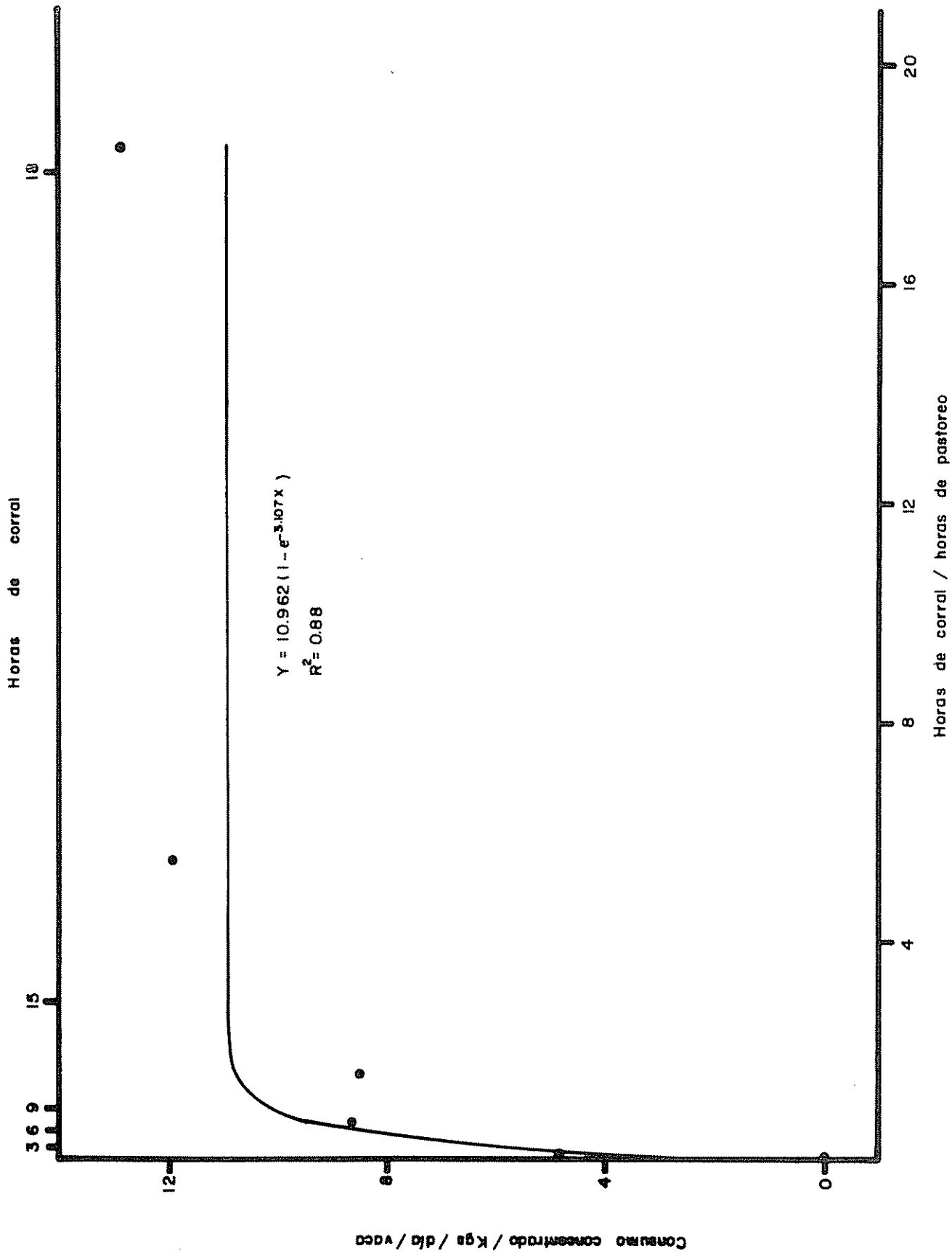


Fig. 1 Consumo de concentrado / vaca / día

En los cálculos de requisitos no se han considerado las necesidades energéticas de los animales para actividad física. Según algunos autores estos requisitos pueden llegar a ser más de la mitad y hasta la misma cantidad que la necesidad para el mantenimiento (58, 64). Sin embargo, para el caso de cero horas de pastoreo, no habría actividad física adicional a la considerada en las tablas de requerimientos. Para los cálculos de requisitos del Cuadro 5 se utilizaron los datos de las vacas con cero horas de pastoreo, con un peso promedio de 330 Kg, un incremento diario de peso de 0,4 Kg y una producción de 8,58 Kg de leche/día.

Durante el experimento se presentaron dos casos de animales que empezaron a mostrar síntomas de la enfermedad conocida como "Borrachera de miel" (24), pero al retirarles el concentrado y tratarlos con Tiamina (24), los síntomas desaparecieron rápidamente. No hubo ningún caso de "meteorismo" a pesar de los relativamente altos consumos de ración líquida.

En la Figura 2 pueden apreciarse las diferencias de consumo de concentrado por cada vaca dentro de los tratamientos en los diferentes períodos experimentales. En todos los tratamientos el consumo fue incrementándose desde el primero al tercer período. Esto podría deberse a que un número considerable de animales se repitieron en cada período, lo que tendría como consecuencia una progresiva adaptación a la ración. El resultado sería un mayor consumo de concentrado por estas vacas.

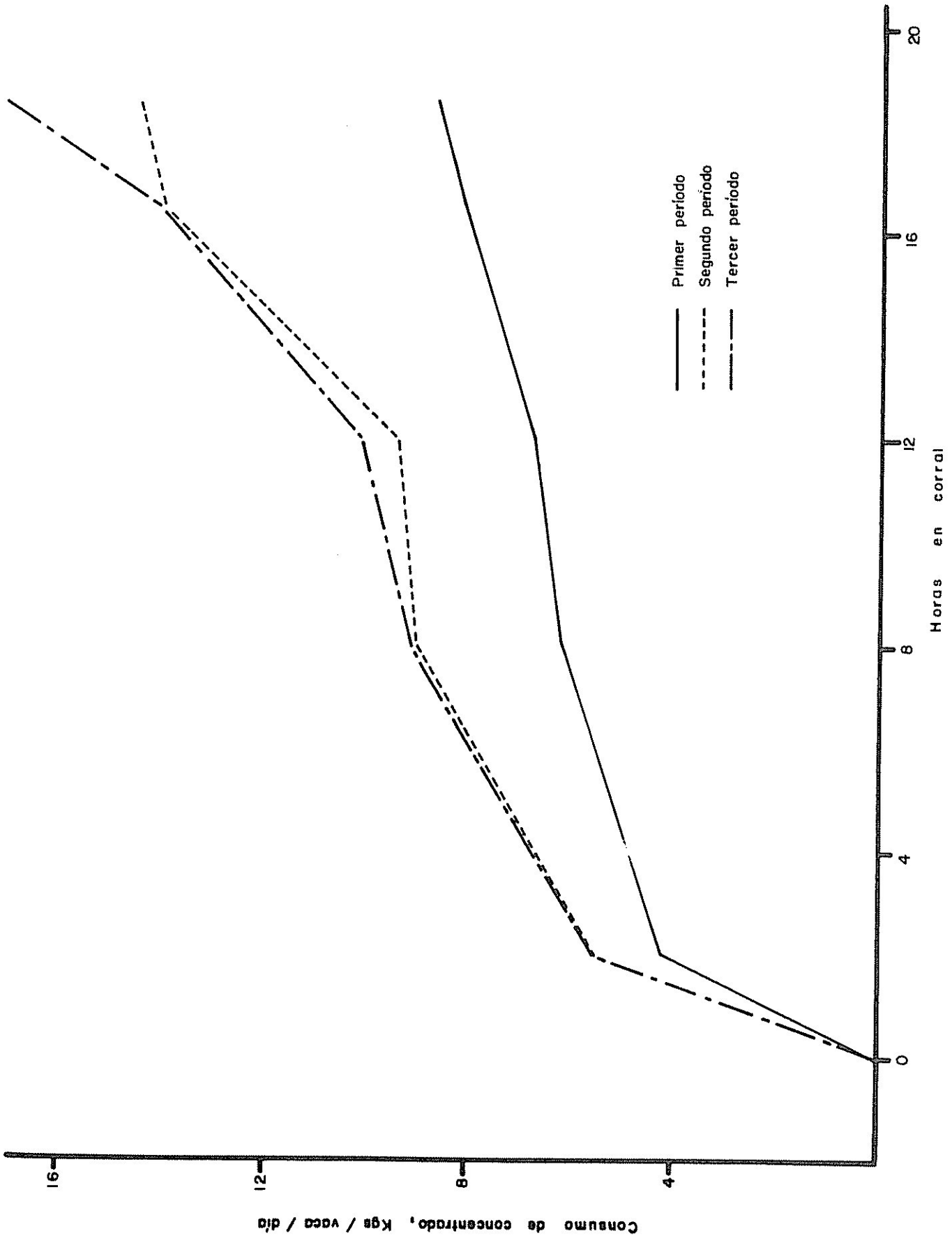


Fig. 2 Consumo de concentrado de acuerdo con los periodos experimentales

#### 4.2. Incremento de peso

En el Cuadro 6 se detallan los promedios de incrementos diarios de peso de los animales dentro de cada tratamiento. Estos promedios fueron obtenidos con los datos directos, pues las correcciones para incremento de peso en el período pre-experimental y para peso inicial (apéndice) no fueron significativas. Contrariamente a lo que se esperaba, la producción inicial no tuvo ningún efecto sobre el incremento de peso, como puede verse en la Figura 3.

Cuadro 6. Incremento de peso.

Horas en corral	Peso (Kg)	
	Promedio inicial	Incremento/día
18,5	320	0,598
16,5	326	0,829
12,0	323	0,959
8,0	327	0,467
2,0	297	0,448
0,0	313	0,148

Como puede verse en el Cuadro 6 en todos los horarios hubo un incremento positivo de peso. Esto era de esperarse, puesto que los animales se encontraban en el período comprendido entre 60 - 180 días de lactancia. Las vacas adultas por lo general disminuyen de

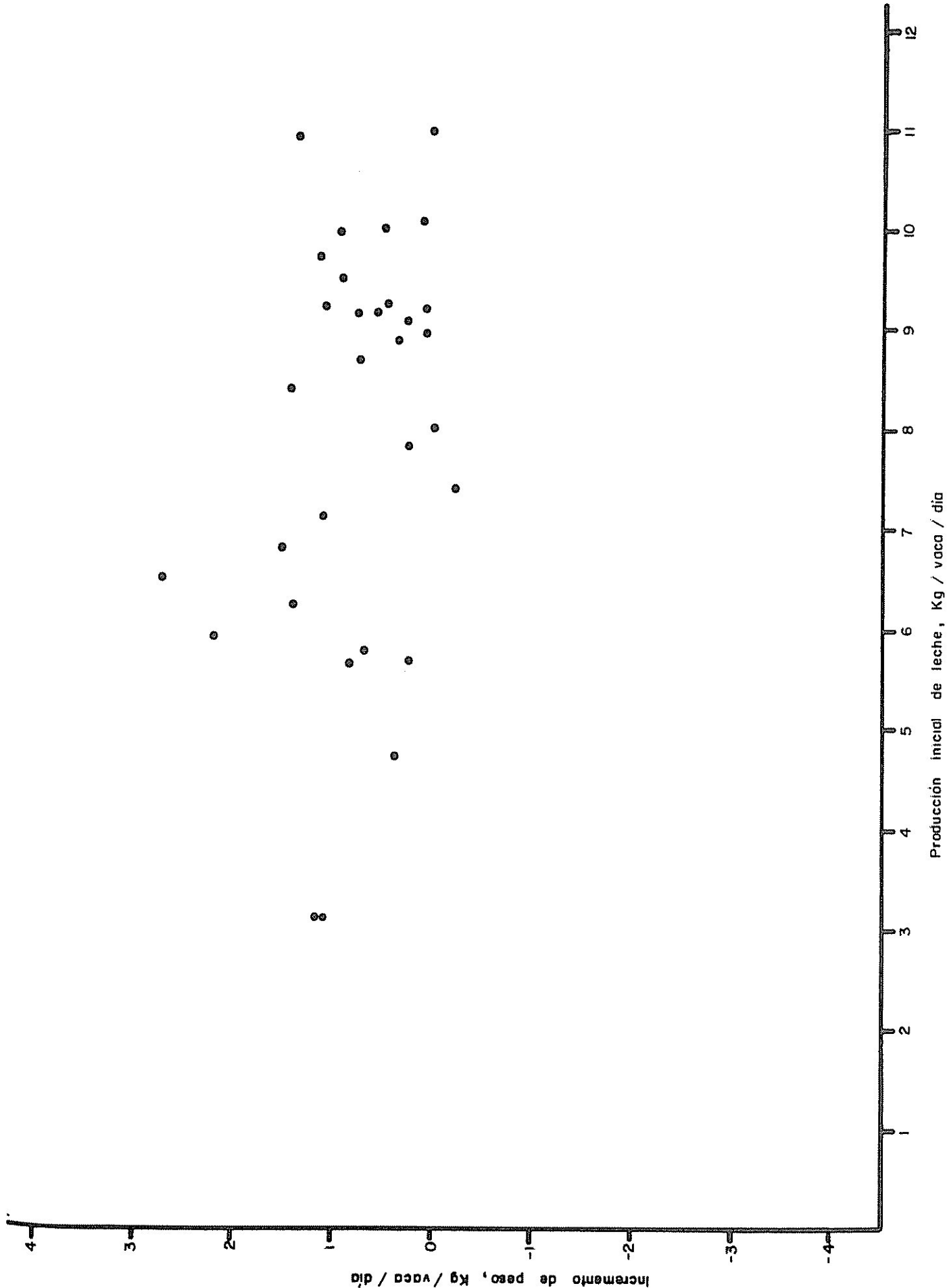


Fig. 3 Relación entre la producción inicial de leche y el incremento de peso durante el período experimental

peso en los primeros 60 días de lactancia, debido al catabolismo de la grasa corporal para mantener su producción de leche. Posteriormente comienzan a deponer reservas y ganar peso hasta el parto (46, 47).

El análisis de variancia para el incremento de peso diario de los animales (Cuadro 7) indica que hubo diferencias significativas entre períodos ( $P = 0,005$ ) y tratamientos ( $P = 0,005$ ).

Cuadro 7. Análisis de variancia para incrementos diarios de peso vivo.

Fuentes de variación	G.L.	C. M.
Períodos	2	3,1549*
Sistemas de pastoreo	1	0,1397
Períodos por sistemas (Error A)	2	0,0897
Tratamientos	5	1,8296*
Tratamientos por sistemas	5	0,4052
Tratamientos por períodos	10	0,5116
Tratamientos x períodos x sistemas	10	0,1508
Error B	20	0,3312
Error de replicación	164	0,1896
Error combinado	184	0,2050

\* Significativo ( $P \leq 0,005$ ).

En la Figura 4 se tiene la curva de respuesta para el incremento de peso diario, obtenida mediante la ecuación ( $R^2 = 0,86$ ):

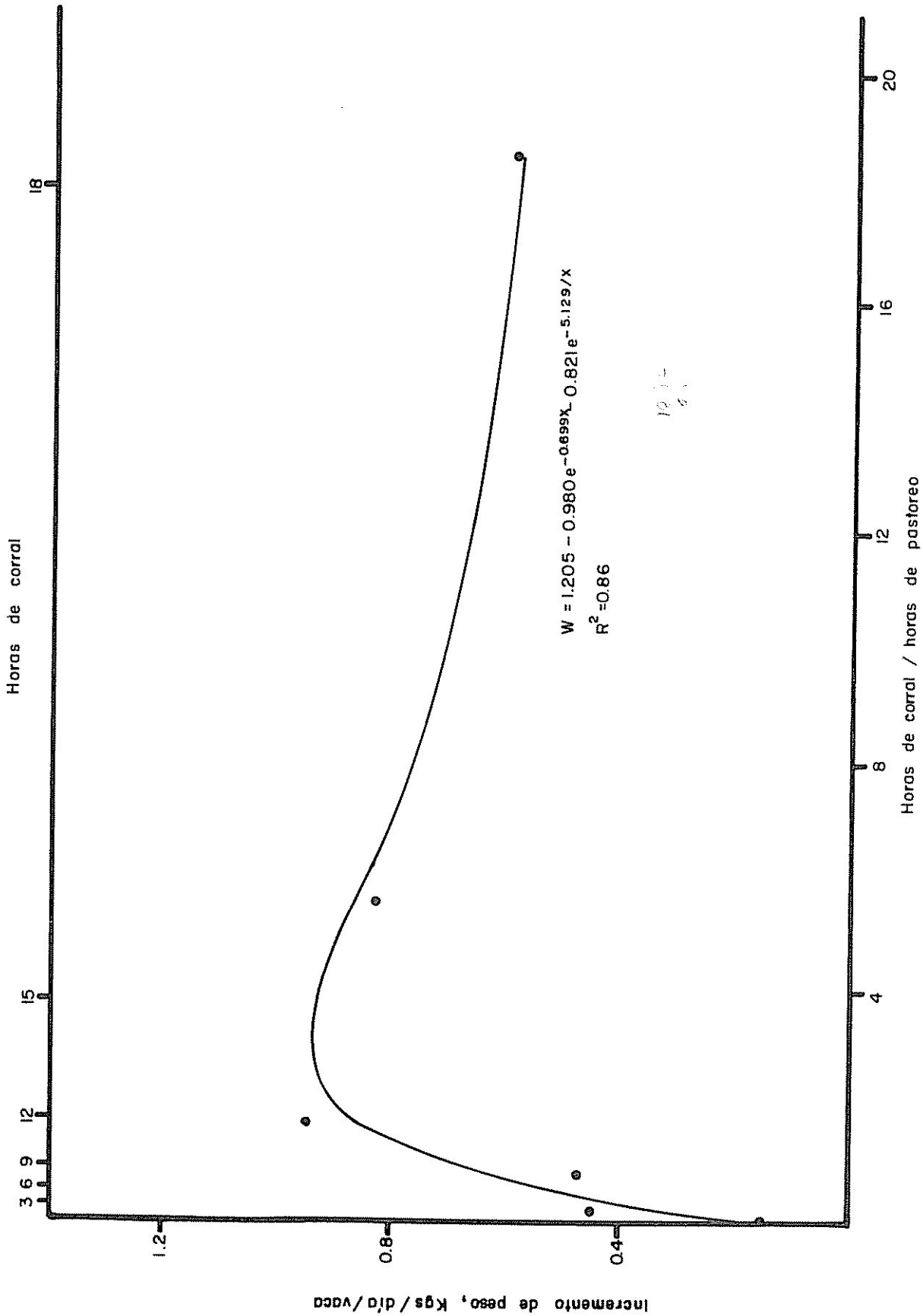


Fig. 4 Incremento diario de peso



$$W = 1,205 - 0,980 e^{-0,699X} - 0,821 e^{-5,129/X}$$

Observando la Figura 4 puede verse que el incremento de peso fue aumentando desde 0,23 Kg/vaca/día en pastoreo exclusivo, hasta alcanzar el máximo de 0,94 Kg a las 14 horas de corral. Luego declinó hasta un valor asintótico de 0,58 Kg. En el punto de máximo incremento de peso estaría la combinación ideal de pasto y concentrado, en que el animal logra consumir más nutrimentos y los aprovecha mejor.

Estos resultados posiblemente están influenciados por la actividad física de las vacas. El animal en pastoreo tiene un gasto de energía adicional al del animal en corrales. Sobre el gasto de caminar y ascender planos inclinados, el Consejo Agrícola Británico ha recomendado que se considere un gasto adicional de 0,48 cal/Kg de peso vivo/metro de avance horizontal y 6,8 cal/Kg de peso vivo/metro de ascenso vertical, para bovinos. Se ha encontrado que en ovejas, puede haber una diferencia de 620 Kcal/cabeza, de gasto energético adicional en el animal en libre pastoreo, comparado con el que está en confinamiento. La diferencia en gasto energético está relacionada con la distancia diaria caminada y las horas que el animal está de pié, factores que dependen de la calidad de la pradera (2). Tomando en cuenta estas consideraciones, cabe destacar que en el presente experimento, conforme aumentaba el tiempo de permanencia de los animales en los corrales, su gasto energético debía disminuir. Además, aquellas vacas que estuvieron en los corrales por más de doce horas caminaban una sólo vez al día desde la sala de ordeño a los potreros. Estas vacas pastoreaban solamente durante el día, lo que posiblemente

les permitía consumir más pasto en relación a su tiempo de pastoreo (32, 63).

En la Figura 5 se pueden ver las curvas correspondientes a los siguientes factores que afectaron el incremento de peso:

- a) Efecto puro del pastoreo,  $W_2' = 0,230 - 0,531 e^{-5,129/x}$
- b) Efecto del concentrado sobre la utilización del pasto más el efecto puro del pastoreo sobre el incremento de peso,  $W_2 = 0,520 - 0,821 e^{-5,129/x}$
- c) Efecto puro de la suplementación,  $W_1' = 0,390 - 0,686 e^{-0,699x}$
- d) Efecto del pastoreo sobre la utilización del concentrado más el efecto puro de la suplementación sobre el incremento de peso,  $W_1 = 0,684 - 0,980 e^{-0,699x}$

Como puede verse en la Figura 5 si se hubiera alimentado a los animales exclusivamente con pasto, o sea efecto puro del pastoreo, se podría haber logrado incrementos diarios de peso de hasta 0,23 Kg. El corral afectó poco hasta aproximadamente 10 horas de permanencia, luego de lo cual el incremento de peso comenzó a disminuir más rápidamente hasta un valor negativo de -0,17 Kg. Observando el efecto puro de la suplementación, o sea en ausencia de pastoreo, se puede notar que aumenta rápidamente conforme aumenta el tiempo de permanencia de los animales en los corrales, hasta acercarse al valor asintótico aproximadamente a las 17 horas de corral. En el valor asintótico se lograrían incrementos de 0,39 Kg/animal/día, que son mayores a los efectos del pastoreo, con incrementos diarios máximos de sólo 0,23 Kg. Las diferencias  $W_2 - W_2'$  y  $W_1 - W_1'$ , corresponden a los

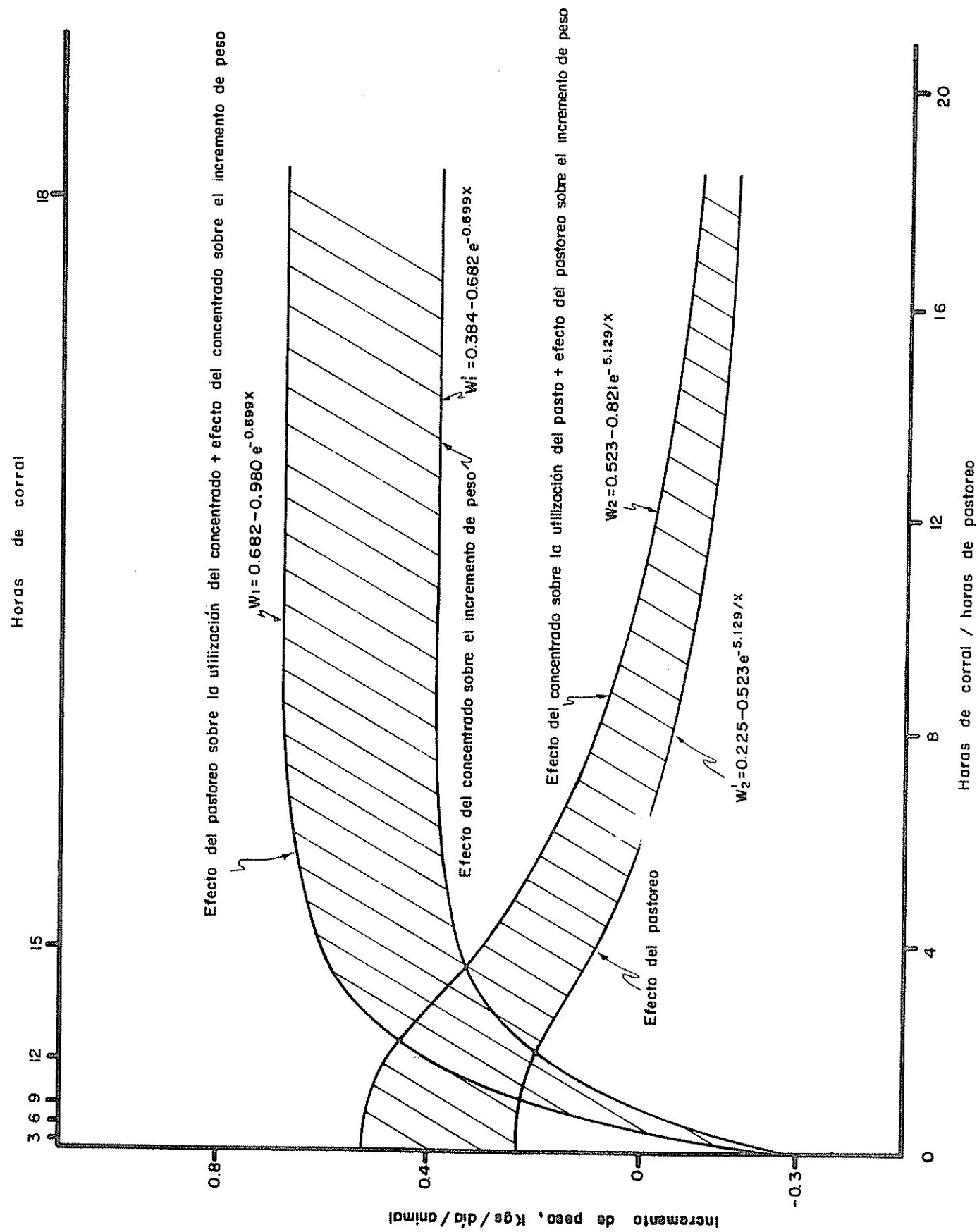


Fig. 5 Efecto diferencial del pastoreo y del suplemento concentrado sobre el incremento de peso

efectos del concentrado sobre la utilización del pasto y del pastoreo sobre la utilización del concentrado respectivamente:

$$W_1 - W_1' = 0,298 (1 - e^{-0,699x})$$

$$W_2 - W_2' = 0,298 (1 - e^{-5,129/x})$$

Estas interacciones están representadas por las zonas sombreadas de la Figura 5, y reflejan las mejores ganancias de peso obtenidas con la combinación de los dos factores en comparación con los efectos puros considerados por separado.

En la Figura 6 puede apreciarse que los incrementos de peso por tratamiento en los tres períodos experimentales fueron distintos ( $P = 0,005$ ). Las mayores diferencias se encuentran a cero horas de corral y más de doce horas de corral. Algo de este efecto posiblemente fue debido a los efectos del clima sobre el valor nutritivo y crecimiento del pasto y quizás sobre el comportamiento de los animales. Las diferencias de incremento de peso en las vacas con más de doce horas de corral, podría explicarse por el mayor consumo de concentrado de estos animales en los diferentes períodos, según puede apreciarse en la Figura 2.

#### 4.3. Incremento de producción de leche

El Cuadro 8 resume los promedios de producción diaria inicial de leche de las vacas dentro de cada tratamiento y el incremento de producción diaria obtenido al final de 30 días.

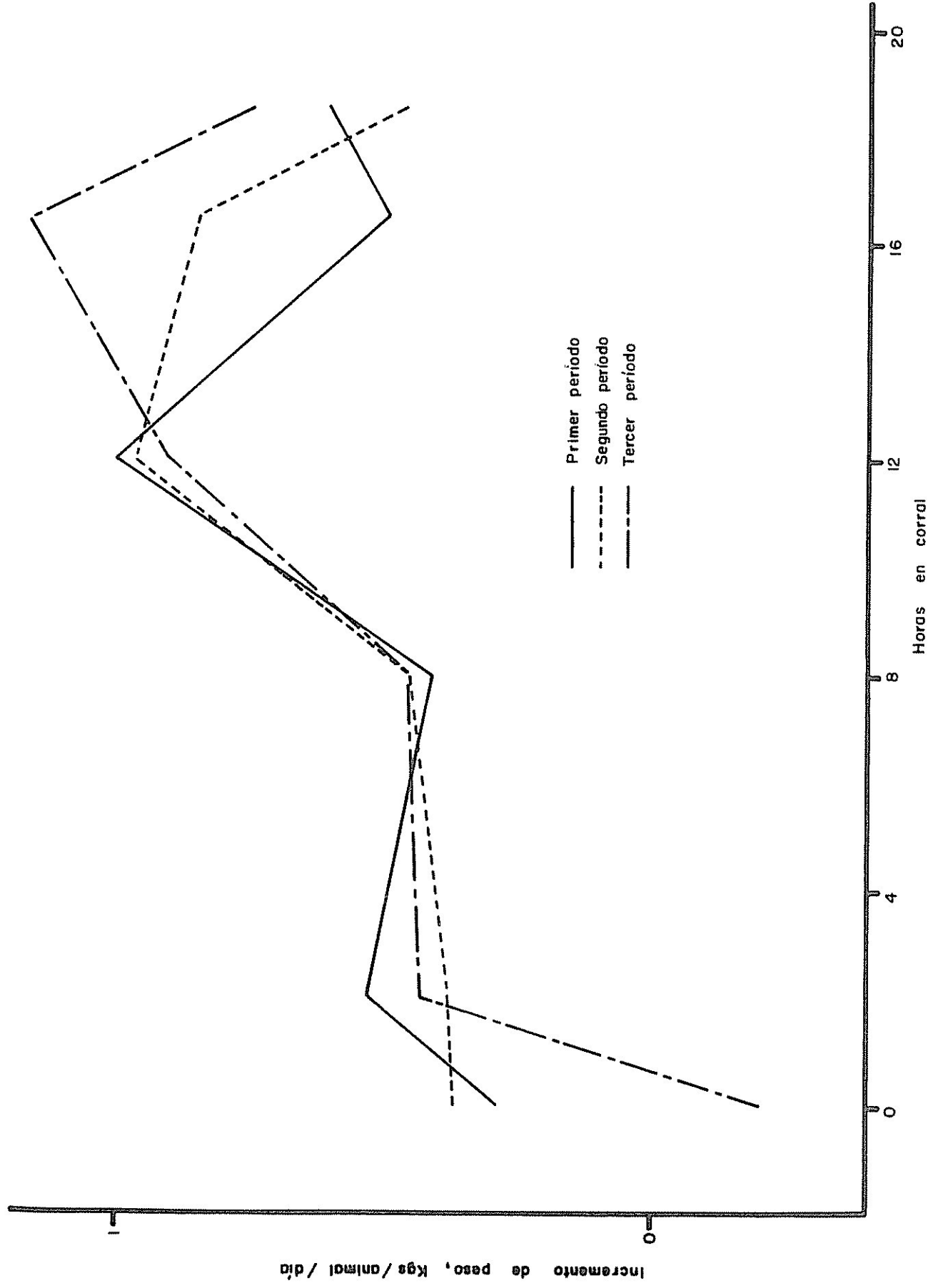


Fig. 6 Incremento de peso de acuerdo con los períodos experimentales

Cuadro 8. Incrementos de producción de leche.

Horas en corral	Producción de leche, Kg/animal	
	Promedio inicial	Incremento/día
18,5	7,07	2,210
16,5	7,38	2,006
12,0	7,55	1,511
8,0	7,53	1,012
2,0	7,58	0,537
0,0	7,09	0,000

Los datos de incrementos de producción están corregidos solamente para el peso inicial de los animales, pues las correcciones para incremento de producción e incremento de peso anteriores al experimento no fueron significativas (apéndice). La producción inicial no tuvo ningún efecto sobre el incremento de la producción de leche, lo que puede observarse en la Figura 7.

De acuerdo con el análisis de variancia (Cuadro 9), se encontró diferencias significativas ( $P = 0,005$ ) entre periodos, tratamientos y la interacción tratamientos x periodos.

La Figura 8 muestra la curva obtenida mediante la ecuación ( $R^2 = 0,95$ ):  $Z = 8,578 - 2,000 e^{-1,100x} - 0,069 e^{-0,484/x}$ , para la producción diaria de leche luego de 30 días de tratamiento. Se observa que al aumentar el tiempo que las vacas permanecieron en los corrales, la producción diaria de leche se incrementó desde 6,587 Kg/día,

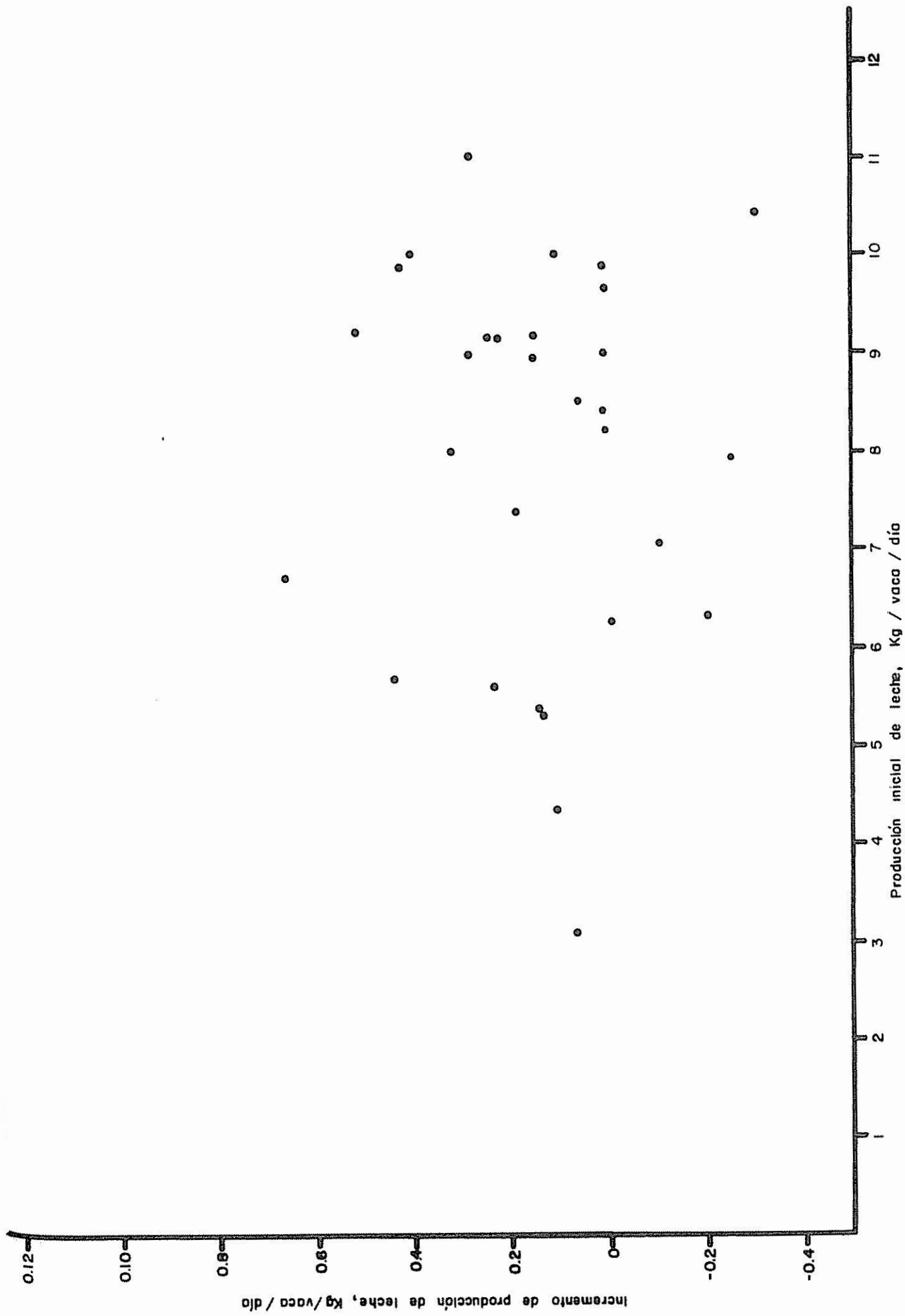


Fig. 7 Relación entre producción inicial de leche y su incremento durante el periodo experimental

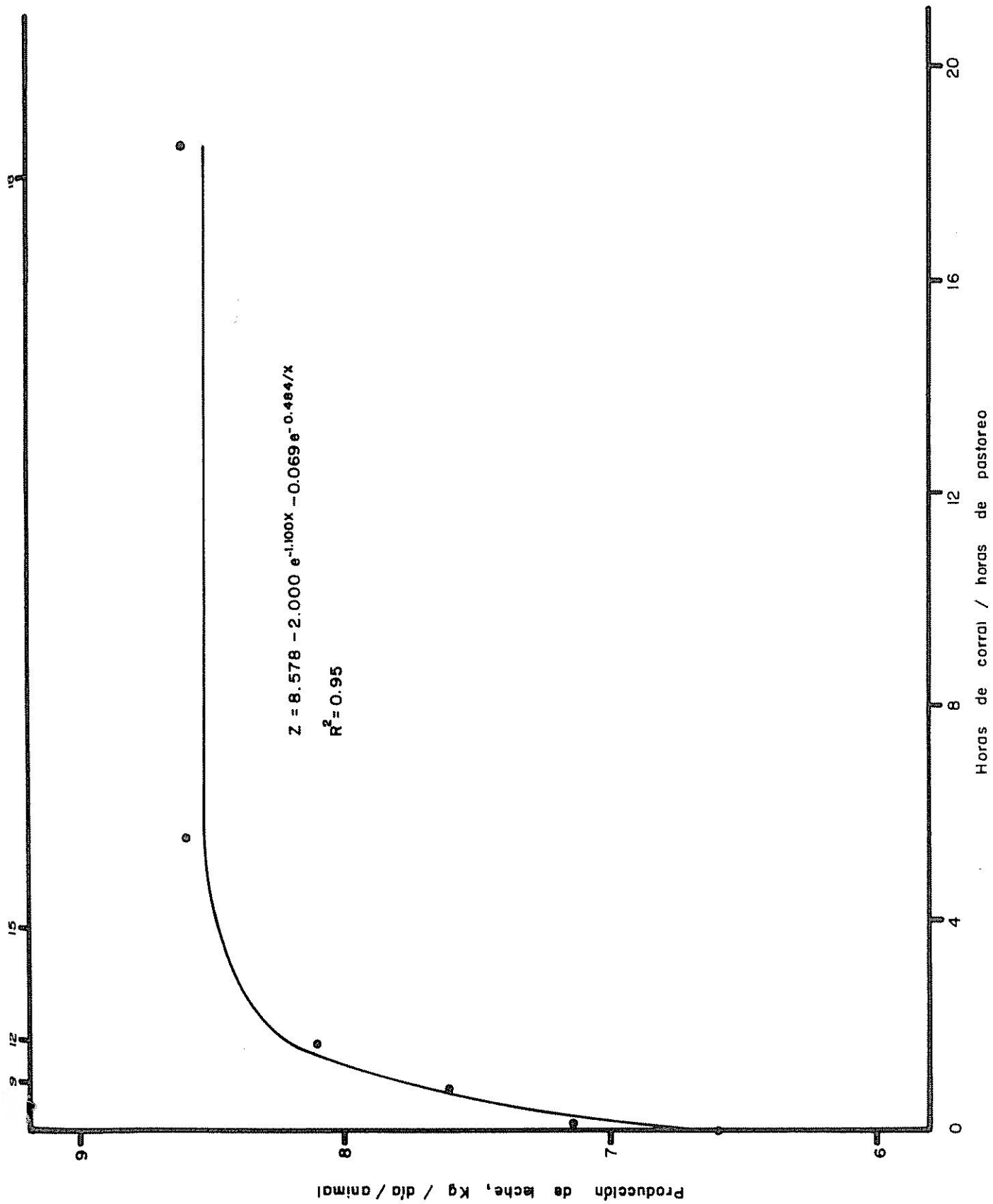


Fig. 8 Producción diaria de leche



hasta llegar a un máximo de 8,53 Kg/día, alrededor de las 16 horas. Luego descendió casi imperceptiblemente a un nivel asintótico de 8,52 Kg/día. Al igual que en el caso del incremento de peso, puede atribuirse parte del incremento de producción a un mayor consumo de nutrimentos y menor gasto de energía por concepto de actividad física de las vacas según aumentó el tiempo de encorralamiento. Este último factor fue aún más importante para los animales que permanecieron más de doce horas en confinamiento, pues solamente caminaban una vez al día de la sala de ordeño a los potreros (2).

Cuadro 9. Análisis de variancia para incrementos de producción de leche.

Fuentes de variación	G.L.	C. M.
Períodos	2	28,5773*
Sistemas de pastoreo	1	1,2571
Períodos por sistemas (Error A)	2	0,7007
Tratamientos	5	15,3265*
Tratamientos por sistemas	5	2,7383
Tratamientos por períodos	10	6,4927*
Tratamientos x períodos x sistemas	10	3,0279
Error B	20	4,7603
Error de replicación	164	2,0638
Error combinado	184	2,3569

\* Significativo ( $P \leq 0,005$ ).

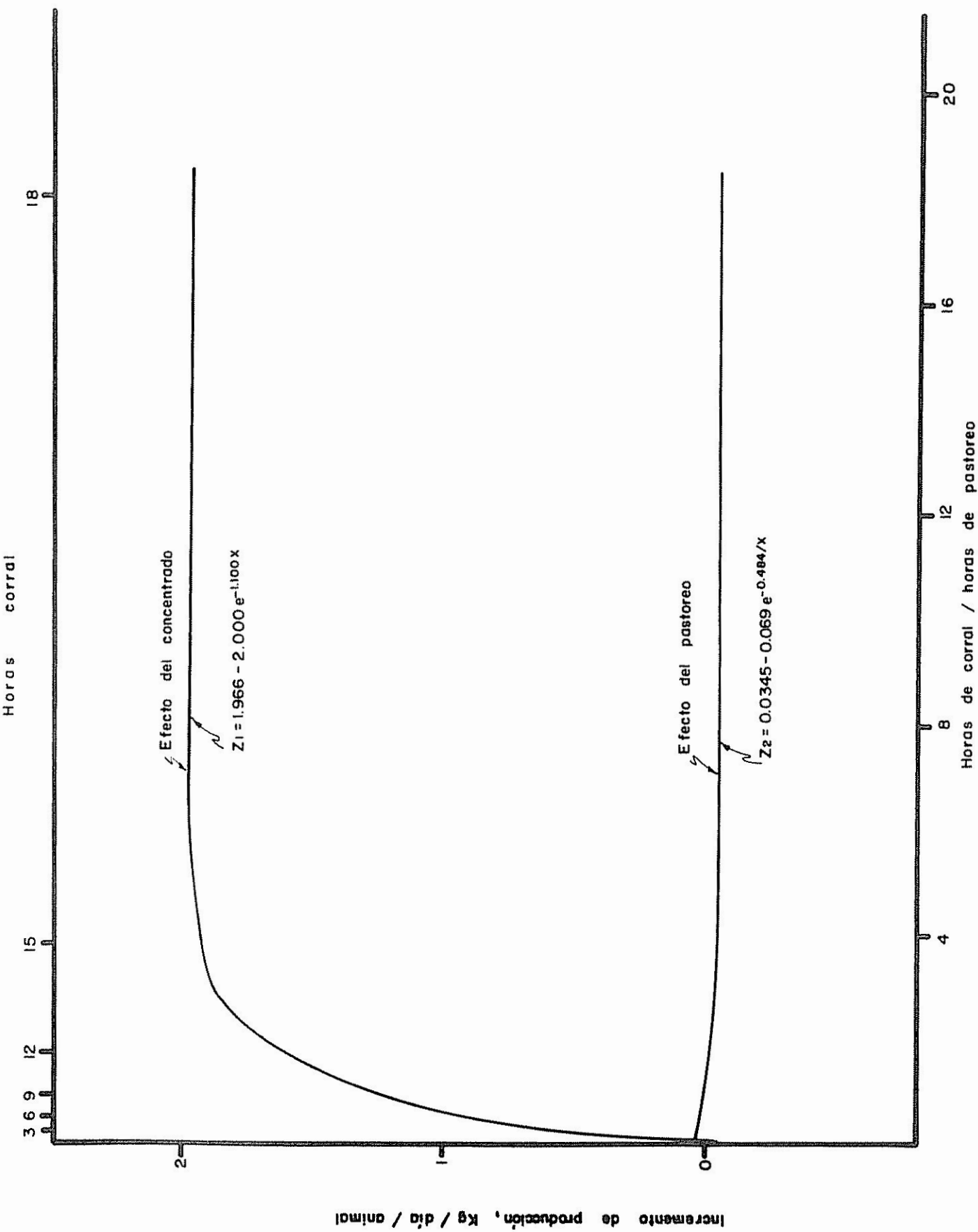


Fig. 9 Efecto diferencial del pastoreo y del concentrado sobre el incremento de la producción de leche

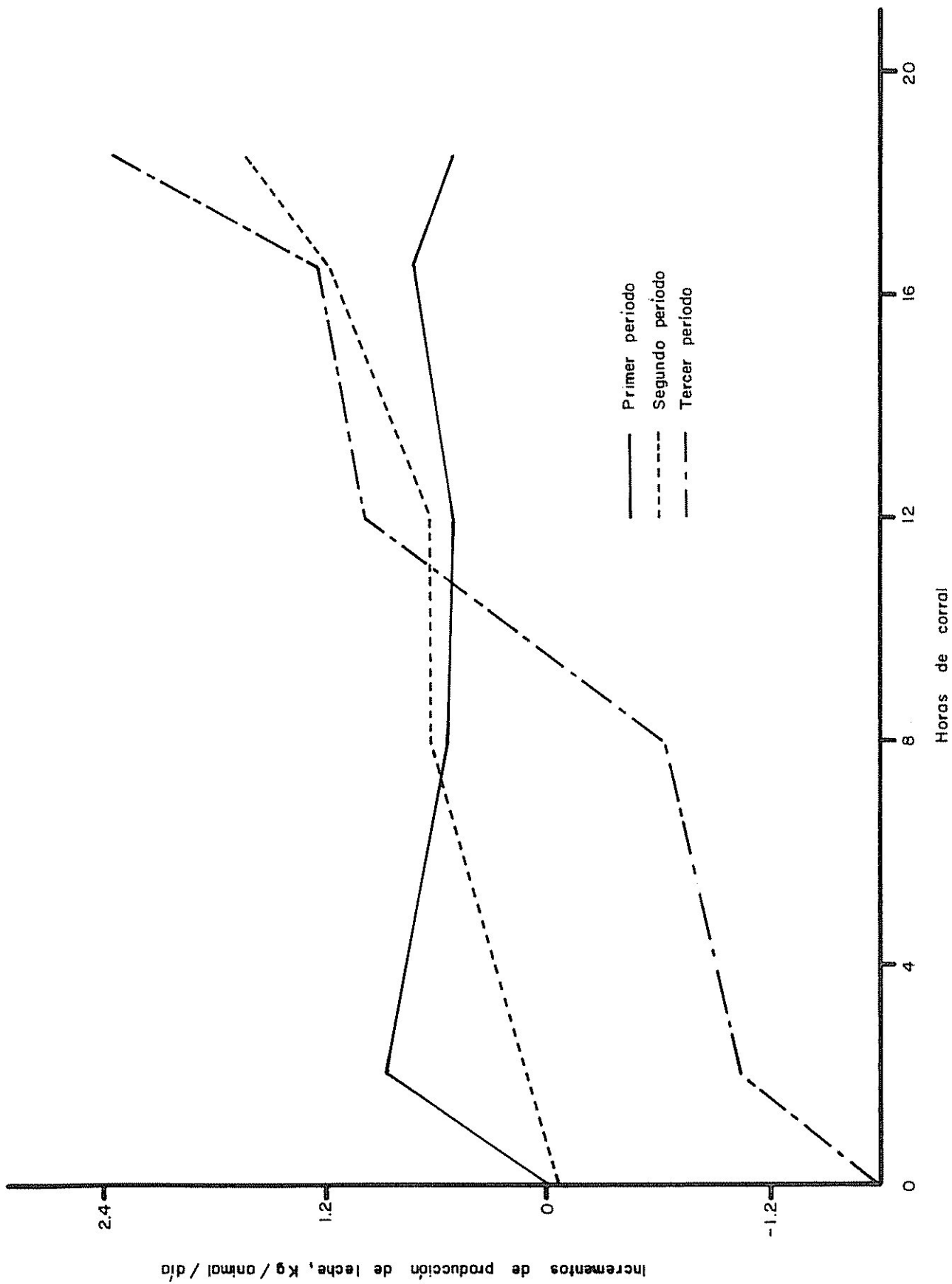
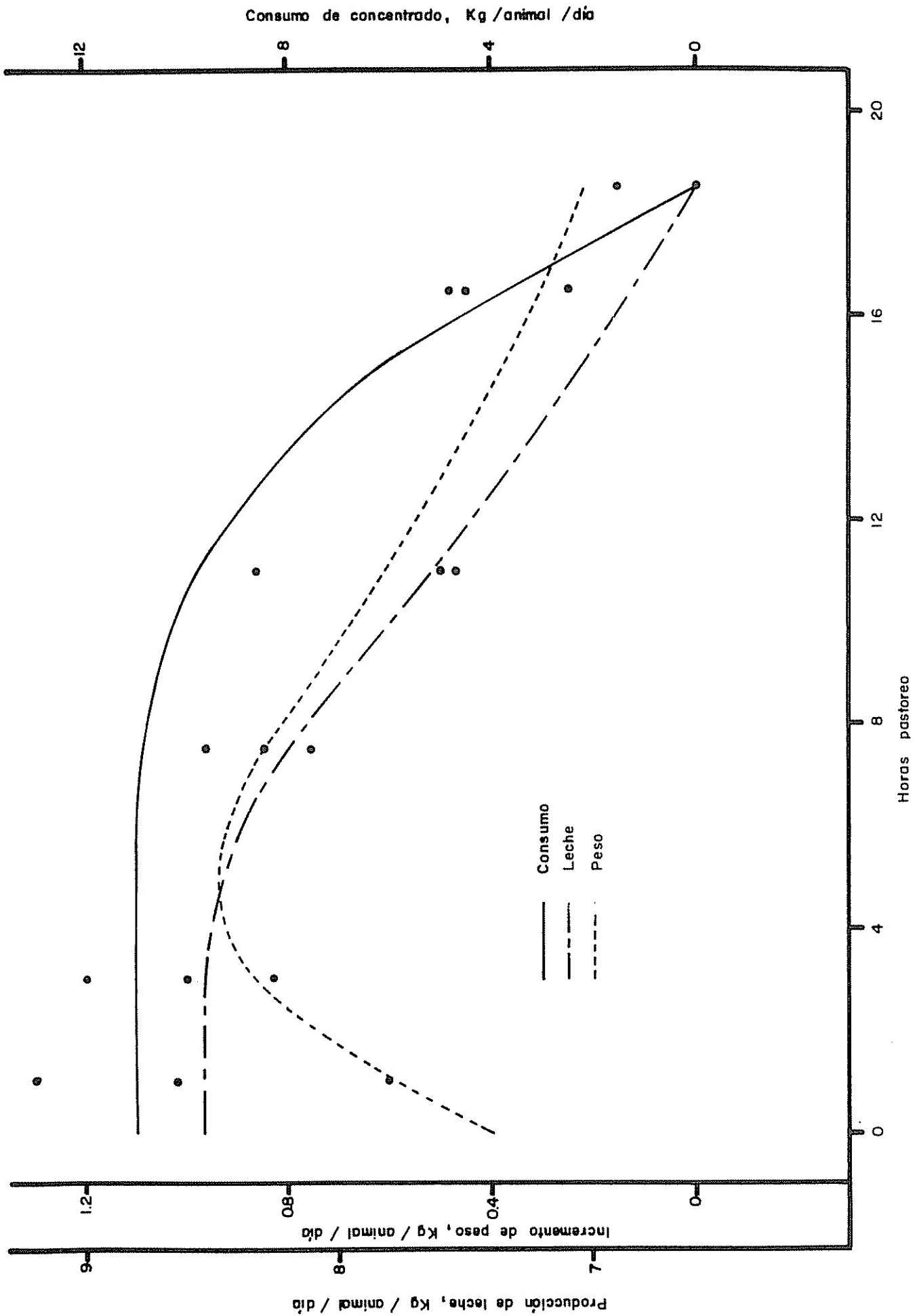


Fig. 10 Incrementos de producción de leche de acuerdo con los periodos experimentales

#### 4.4. Discusión general

En la Figura 11 se puede observar claramente que con el aumento de las horas de pastoreo, prácticamente no se incrementó la producción de leche, pero sí la ganancia de peso. Al comenzar la disminución del consumo de concentrado, disminuyó también la producción de leche y el incremento de peso. Este efecto diferencial parece indicar que posiblemente se haya alcanzado el máximo potencial genético de producción de las vacas para las condiciones ambientales del experimento. Con el aumento de las horas de pastoreo la ganancia de peso se incrementó desde 0,4 Kg, hasta alcanzar el máximo de 0,94 Kg a las cinco horas. Este resultado fue posiblemente debido al efecto aditivo del pasto y el concentrado, que se tradujo en una mayor ingestión total de nutrimentos. Estos resultados confirman los obtenidos en un trabajo anterior con toretes (68). Este efecto aditivo no se evidenció en el caso de la producción de leche.

Nótese en la Figura 11 que a cero horas de pastoreo las vacas incrementan 0,4 Kg de peso por día y producen 8,53 Kg de leche/día, con un consumo diario de aproximadamente 11 Kg de concentrado. Al comparar este consumo con los requerimientos especificados por el NRC (51) para ganado lechero, los 11 Kg de concentrado podrían cubrir los requisitos de mantenimiento, incremento de peso y además una producción de 8,81 Kg de leche con 4% de grasa, de las vacas cuyo peso promedio fue de 330 Kg. Es importante anotar que al proporcionar a los animales dos tipos de alimentos diferentes, pasto y concentrado, se logra un mayor consumo total en comparación con la alimentación



con un sólo alimento.

Los resultados de este experimento indican que para obtener la máxima respuesta animal, en las condiciones ambientales del ensayo, se necesitan sólo 4 o 5 horas de pastoreo. Esto implica que se podría facilitar el manejo del hato lechero, puesto que el ganado podría salir al potrero únicamente una vez por día. En esta forma, se disminuirían las pérdidas de energía de los animales por actividad física (32, 63), así como los problemas de estropeo de la ubre, enfermedades de patas (64) y en general, pérdidas de tiempo y trabajo del hombre.

Finalmente, el presente trabajo demuestra que se puede producir leche a base de una ración líquida en que la mayor proporción está constituida por melaza. Sin embargo, en vista de que los animales con cinco horas de pastoreo llegaron a ganar hasta 0,94 Kg de peso por día, valor mucho más alto del que se esperaría para las vacas experimentales, se debe esperar efectos residuales para toda la lactancia (48). En consecuencia, los resultados expuestos deben tomarse como exploratorios. Sería necesario determinar qué es lo que sucede en lactancias completas antes de sacar inferencias definitivas, tanto en el aspecto biológico como económico. Además, se requiere aún evaluar los efectos del clima sobre la producción, replicando el experimento en épocas distintas, recordando siempre que el pasto es el recurso más importante.

## 5. RESUMEN Y CONCLUSIONES

El presente trabajo se realizó en el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba, Costa Rica. Tuvo como objetivo evaluar el efecto de la administración de un concentrado líquido sobre la producción de vacas lecheras en pastoreo en el trópico. Se usaron datos de producción de 30 días de 200 vacas entre el 2do. y 6to. mes de lactancia. Se tuvieron 6 tratamientos consistentes en diferentes horarios de pastoreo y corral, siendo la relación horas de corral/horas de pastoreo(x): 18,5/1, 16,5/3, 12/7,5, 8/11, 2/16,5, 0/18,5, respectivamente. El consumo de concentrado estuvo regulado por el tiempo que el ganado permaneció en el corral luego del ordeño. El consumo de pasto se reguló por el tiempo que los animales estuvieron en el potrero. El consumo de concentrado (Y) fue incrementándose conforme los animales permanecieron mayor tiempo en los corrales, según lo describe la ecuación ( $R^2 = 0,88$ ):  $Y = 10,962 (1 - e^{-3,107x})$ . Un consumo próximo al valor asintótico se logró con aproximadamente 14 horas de corral. La producción diaria de leche (Z) se incrementó desde 6,6 Kg/día/animal en pastoreo absoluto, hasta llegar a un máximo de 8,5 Kg/día/animal, aproximadamente a las 16 horas de corral. La ecuación que describe este efecto es ( $R^2 = 0,95$ ):  $Z = 2,000 (1 - e^{-1,100x}) - 0,069 e^{-0,484/x}$ . El incremento de peso (W) fue aumentando desde 0,23 Kg/vaca/día en pastoreo exclusivo, hasta alcanzar el máximo de 0,94 Kg/vaca/día a las 14 horas de permanencia en corral. Luego declinó hasta un valor asintótico de 0,58 Kg/vaca/día. Este

efecto se describe mediante la ecuación ( $R^2 = 0,86$ ):  $W = 1,205 - 0,980 e^{-0,699x} - 0,821 e^{-5,129/x}$ .

En las condiciones ambientales en que se realizó el experimento, se puede concluir que:

1. Con la administración del concentrado líquido se incrementó la producción de leche con relación a la que se logra con sólo el pastoreo en pasto Estrella (Cynodon plectostachyus).
2. Con base a la producción lograda mediante el concentrado líquido, sobrepasado cierto nivel, mayores consumos de pasto aumentan la ganancia de peso y no la producción de leche.
3. Para determinar los efectos residuales de las ganancias de peso sobre la producción de leche, es necesario estudiar lactancias completas.



### 5a. SUMMARY AND CONCLUSIONS

The present work was carried out at the Inter-American Institute of Agricultural Sciences, Turrialba, Costa Rica. The main objective was to evaluate the effect of a liquid concentrate upon milk production. Production data of 3 periods of 30 days each were obtained from 200 lactating cows between the second and sixth month after calving. Treatments consisting of different combinations of hours of grazing and hours in corral were used (hrs.corral/hrs.grazing = X): 18.5/1, 16.5/3, 12/7.5, 8/11, 2/16.5, 0/18.5. Consumption of concentrate was regulated by the time cows remain in the corral after milking. Grass consumption was regulated by the time cows remained in the pastures.

Average consumption of concentrate (Y) increased as the cows spent more time in the corral, in accordance with the equation ( $R^2 = 0.88$ ):

$$Y = 10.962 (1 - e^{-3.107X})$$

A consumption close to the asymptotic value was obtained with approximately 14 hours in corral. Daily milk production (Z) was increased from 6.6 Kg/day/animal in absolute grazing up to a maximum of 8.5 Kg/day/animal at approximately 16 hours in corral. The equation describing this effect is ( $R^2 = 0.95$ ):

$$Z = 2.000 (1 - e^{-1.100X}) - 0.069 e^{-0.484/X}$$

Weight gains (W) increased from 0.23 Kg/cow/day in exclusive grazing, up to a maximum of 0.94 Kg/cow/day with 14 hours in corral. The curve then decreased to a asymptotic value of 0.58 Kg/cow/day.

This effect is described by the equation ( $R^2 = 0.86$ ):

$$W = 1.205 - 0.980 e^{-0.699X} - 0.821 e^{-5.129/X}$$

Under environmental conditions of this experiment, it was possible to conclude:

1. Feeding increasing levels of the liquid concentrate, increased milk production in relation to the production obtained by grazing alone on African Star grass (Cynodon plectostachyus).
2. Based on the production obtained through liquid concentrate feeding, beyond a certain level increased consumption of grass increased weight gains but did not increased milk production.
3. To determine the residual effects of weight gains on milk production, it is necessary to study full lactations.

## 6. LITERATURA CITADA

1. ALBA, J. de. Capacidad de las praderas para llenar los requisitos de herbívoros. Turrialba 9(3):85-90. 1959.
2. \_\_\_\_\_. Alimentación del ganado en América Latina. 2da. ed. México, Editorial Fournier, 1971. 475 p.
3. ARNOLD, W. G. Empleo de técnicas in vitro en asociación con técnicas de muestreo para medir la digestibilidad y el consumo bajo pastoreo. In Paladines, O., ed. Métodos in vitro para medir el valor nutritivo de los forrajes. Uruguay, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Zona Sur, 1967. pp. 61-100.
4. BEAUDOUIN, J. J. Efectos de la melaza sobre el consumo de pasto en bovinos. Tesis Mag. Sc. Turrialba, IICA, 1968. 41 p.
5. BELL, J. W., HORTON, O. H. y STALLCUP, O. T. Effect of high vs. normal concentrate - roughage rations on digestibility, milk production, and efficiency of production. Journal of Dairy Science 46:623-628. 1963.
6. BERNETT, R. C. y OLSON, H. H. Ad libitum vs. controlled feeding of concentrates to lactating dairy cows. Journal of Dairy Science 46:622. 1963.
7. BOHMAN, V. R. et al. The utilization of molasses and urea in the rations of growing dairy cattle. Journal of Dairy Science 37(3):284-293. 1954.
8. BRAY, C. I. et al. Feeding blackstrap molasses to fattening steers. Louisiana Agricultural Experiment Station. Bulletin nº 394. 1945. 43 p.
9. BROWN, L. D. et al. Effect of stage of lactation on milk production response to high-level grain feeding. Journal of Dairy Science 47:689. 1964.
10. \_\_\_\_\_ et al. Effect of high-level grain feeding on milk production response of lactating dairy cows. Journal of Dairy Science 45:1184. 1962.
11. CAFFREE, J. D. y MERRILL, W. G. Effects of feeding concentrates to maintain body weight of dairy cows in early lactation. Journal of Dairy Science 51(4):561-566. 1968.

12. CALVO, C. H. Determinación de la digestibilidad de heno Pangola y de una mezcla suplementaria con alto contenido de melaza de caña. Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica, 1966. 45 p.
13. CHAPMAN, H. L., KEDDER, R. W. y PLANT, S. W. Comparative feeding value of citrus molasses, cane molasses, ground annaped corn and dried citrus pulp for fattening steers on pasture. Florida Agricultural Experiment Station. Bulletin nº 531. 1953. 16 p.
14. CLAMOHOY, L. L., CALO, L. L. y PALAD, O. A. The feeding value of cane molasses. Phillippine Agriculturist 41(4):197-203. 1957.
15. COLOBOS, N. F. et al. The nutritive value of wood molasses as compared with cane molasses. Journal of Dairy Science 32(11):907-913. 1949.
16. CONRAD, H. R. y HIBBS, J. W. For high productivity dairy rations. Ohio Rept. on Research and Development 50(3):35, 47. 1965.
17. CRAMPTON, E. W. Nutrición animal aplicada. Traducción del inglés por Andrés Marcos Barrado y Miguel Angel Garín. Zaragoza, Editorial Acribia, 1962. 415 p.
18. \_\_\_\_\_, DONEFER, E. y LLOYD, L. E. A nutritive value index for forages. In International Grassland Congress. 8th. University of Reading, 1960. England, Alden Press, 1960. p. 462.
19. ELIAS, A., PRESTON, T. R. y WILLIS, M. B. Sub-productos de la caña y producción intensiva de la carne. 3. Algunas características del contenido del rumen de toros alimentados con miel final o miel rica como suplemento de forrajes o concentrados. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 1(1):49-53. 1967.
20. FELIX, A. Efectos de la melaza de la ración sobre la producción de las vacas lecheras en el trópico. Tesis Mag. Sc. Turrialba, IICA, 1968. 48 p.
21. GAINES, L. W. y DAVIDSON, F. A. Relation between percentage fat content and yield of milk. Illinois Agricultural Experiment Station. Bulletin nº 245. 1923. pp. 575-621.
22. GALLUP, W. D., WHITEHAIR, C. R. y BELL, M. C. Utilization of urea and protein nitrogen by ruminants fed high molasses and sugar rations. Journal of Animal Science 13:594-600. 1954.

23. GARZA, R. T. Efecto de diferentes niveles de melaza en la ceba de novillos. Tesis Mag. Agr. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1960. 50 p.
24. GEERKEN, C. M. y FIGUEROA, V. Necrosis cerebro cortical (borrachera de miel) en ganado de carne: algunos parámetros bioquímicos preliminares. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 5:205-209. 1971.
25. GUARROCHENA, R. Efectos de la estabulación y del alimento concentrado en el consumo de pasto por vacas lecheras en pastoreo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1969. 42 p.
26. GUZMAN, J. El uso de la miel final con o sin urea para vacas lecheras en pastoreo. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 4:109-112. 1970.
27. HANCOCK, J. The conversion of pasture to milk. The effect of Stoking rate and concentrate feeding. Journal of Agricultural Science 50:284-296. 1958.
28. HARDISON, W. A. Chemical composition, nutrient content and potential milk producing capacity of fresh tropical herbage. Dairy Training and Res. Instit. Tech. Bull. nº 1. 1966.
29. \_\_\_\_\_ et al. Degree of herbage selection by grazing cattle. Journal of Dairy Science 37(1):89-102. 1954.
30. HEADY, H. F. y TORRELL, D. T. Forage preference exhibited by sheep with esophageal fistulas. Journal of Range Management 12(1):28-33. 1959.
31. HENKE, L. A. Cane molasses as a feed for dairy cows. Hawaii Agricultural Experiment Station, Bulletin nº 73. 1934. 17 p.
32. HOLDER, J. M. Observations on the grazing behavior of lactating dairy cattle in a subtropical environment. Journal of Agricultural Science 55:261-267. 1960.
33. HUFFMAN, C. F. High-level grain feeding for dairy cows. Journal of Dairy Science 44:2113. 1961.
34. HUTTON, J. B. Studies of the nutritive value of New Zealand dairy pastures. II. Herbage intake and digestibility studies with dry cattle. New Zealand Journal of Agricultural Research 5:409-424. 1962.
35. \_\_\_\_\_, Studies of the nutritive value of New Zealand dairy pastures. I. Seasonal changes in some chemical components of pastures. New Zealand Journal of Agricultural Research 4: 583-590. 1961.

36. KELLOGG, D. W. y OWEN, F. G. Relation of ratio sucrose level and grain content to lactation performance and rumen fermentation. *Journal of Dairy Science* 52(5):657-661. 1969.
37. KESLER, E. M. y SPAHR, S. L. Physiological effects of high-level concentrate feeding. *Journal of Dairy Science* 47:1122-1129. 1964.
38. KOMKRIS, T., STANLEY, R. W. y MORITA, K. Effect of feeds containing molasses fed separately and together with roughage and digestibility of rations, volatile fatty acids produced in the rumen, milk production and milk constituents. *Journal of Dairy Science* 48:714-719. 1965.
39. LOUIS, S. Estimación del consumo y digestibilidad de forrajes tropicales en pastoreo directo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1967. 58 p.
40. MACLUSKY, D. S. The roles of grass in feeding the dairy herd. *Journal of Royal Agricultural Society* 117:33. 1956.
41. MARTIN, C. M., BRANNON, W. F. y REID, J. R. Relationship of size of growing cattle to pasture intake and its use as an index of palatability. *Journal of Dairy Science* 38(1):181-185. 1955.
42. MARTY, R. J. y SUTHERLAND, T. M. Metabolismo de la sacarosa y el ácido láctico en el rumen del ganado vacuno durante la adaptación a una dieta alta en miel. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 4:51-56. 1970.
43. \_\_\_\_\_ y PRESTON, T. R. Proporciones molares de los ácidos grasos volátiles de cadena corta (AGV) producidos en el rumen del ganado vacuno alimentado con dietas altas en miel. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 4:189. 1970.
44. MATHER, R. E. y BENDER, C. B. Molasses as a replacement for grain in the rations of growing heifers and milking cows. *Journal of Animal Science* 10(4):1056. 1951.
45. MAYNARD, L. A. Nutrición animal. Fundamentos de la alimentación del ganado. Traducción de la tercera edición inglesa por Eduardo Escalona. México, UTEHA, 1955. 530 p.
46. MILLER, R. H. y HOOVEN, N. W. Variation in part-lactation and whole-lactation feed efficiency of Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 52(7):1025-1036. 1969.
47. \_\_\_\_\_, HOOVEN, N. W. y CREEGAN, M. E. Weight changes in lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 52(1):90-94. 1969.

48. MOE, P. W., TYRRELL, H. F. y FLATT, W. P. Energetics of body tissue mobilization. *Journal of Dairy Science* 54(4): 548-553. 1971.
49. MORRIS, J. L. et al. Studies on forage: concentrate rations for milk production. *Journal of Dairy Science* 41:721. 1958.
50. MORRISON, F. B. Feeds and feeding; a handbook for the student and the stockman. 22th. ed. Ithaca, New York, Morrison, 1956.
51. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requeriments of dairy cattle. 4th. ed. Washington, D. C., National Academy of Sciences, 1971. 53 p.
52. OLSON, H. H., HINNERS, S. W. y BERNETT, R. C. Ad-libitum vs. restricted concentrate feeding of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 49:110. 1966.
53. OWEN, F. G., KELLOG, D. W. y HOWARD, W. T. Effect of molasses in normal and high-grain rations on utilization of nutrients for lactation. *Journal of Dairy Science* 50(7):1120-1125. 1967.
54. PRESTON, T. R. Symposium sobre la producción de carne en los trópicos. 3. La carne por medio de la caña de azúcar. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 3:141-153. 1969.
55. \_\_\_\_\_ y HAGELBER, G. B. Turning sugar into meat. *New Scientist*. 5 Oct.:31. 1967.
56. RAYMOND, W. F. The nutritive value of forage crops. The Grassland Research Institute, Hurley, England, s.f. 108 p.
57. REID, J. T. Energy requeriments for lactation by the dairy cow. *Proceedings Cornell Nutrition Conference*. 1961. p. 45.
58. \_\_\_\_\_, SMITH, A. M. y ANDERSON, M. J. Difference in the requeriments for maintenance of dairy cattle between pasture- and barn-feeding conditions. *Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers. Proceedings*. 1958. pp. 88-94.
59. \_\_\_\_\_, MOE, P. W. y TYRRELL, H. F. Energy and protein requeriments of milk production. *Journal of Dairy Science* 49: 215. 1966.
60. RIVERA-BRENES, L., CABRERA, J. I. y MARCHAN, F. J. The use of cane molasses as part of the concentrate dairy ration using merker grass as roughage. Puerto Rico University. *Journal of Agriculture* 31(2):203-214. 1947.

61. RODRIGUEZ, V. y PRESTON, T. R. El valor nutritivo de la miel final y el maíz con proteína verdadera o N.N.P. para la producción de leche. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 3(2):155-164. 1968.
62. SCOTT, M. L. Use of molasses in the feeding of farm animals. Sugar Journal 16(4):29-32. 1953.
63. SEATH, D. M. y MILLER, G. D. Effect of warm weather on grazing performance of milking cows. Journal of Dairy Science 29:199-206. 1946.
64. SMITH, V. R. Fisiología de la lactancia. Traducción de la 5ta. ed. en inglés por Melchor Cadena C. Editorial SIC, 1962. 282 p.
65. SWANSON, E. W., HINTON, S. A. y MILES, J. T. Full lactation response on restricted vs. ad libitum roughage diets with liberal concentrate feeding. Journal of Dairy Science 50: 1147. 1967.
66. VEITIA, J. Producción de leche de vacas Holstein x Brahman con libre acceso a forraje de hierba elefante y a un concentrado rico en proteína o a miel/urea. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 5(2):175-179. 1971.
67. VOGEL, R. A least squares algorithm for non-linear curve fitting. A computer program submitted to IBM 1620. Users Group Library:6.0.134. 3 p.
68. VOHNOUT, K., et al. Crecimiento de bovinos suplementados con melaza. I. Efecto del nivel de melaza. Asociación Latinoamericana de Producción Animal. Compendio de la 4ta. Reunión. Guadalajara, México. 1973. p. R32.
69. WEBB, R. J. y BULL, S. Effect of molasses and molasses feed on quality of beef. Illinois Agricultural Experiment Station. Bulletin nº 510. 1945. pp. 485-496.
70. WEIR, W. C., MEYER, J. H. y LOFGREEN, G. P. The use of esophageal fistula lignin and chromogen techniques for studying selective grazing and digestibility of range and pasture by sheeps and cattle. Agronomy Journal 51(4):235-237. 1959.



7. A P E N D I C E

Cuadro 10. Efecto del peso inicial, incremento de peso pre-experimental e incremento de leche pre-experimental sobre la producción de leche y el incremento de peso experimentales.

	Coeficiente de regresión	
	Producción de leche	Incremento de peso
Peso inicial	$-0,00018 \pm 0,00006$	$-0,00087 \pm 0,00063$
Incremento de peso pre-experimental	$-0,02012 \pm 0,01057$	
Incremento de leche pre-experimental	$-0,00016 \pm 0,00009$	

Cuadro 11. Estratificación de la variancia.

Fuentes de variación (a)	Variancia estimada (b)
1 Períodos (bloques)	$\sigma^2_e + (n\sigma^2_{tsp}) + (ns\sigma^2_{tp}) + nt\sigma^2_{ps} + nst\sigma^2_p$
2 Sistemas de pastoreo	$\sigma^2_e + (n\sigma^2_{tsp}) + (np\sigma^2_{ts}) + (nt\sigma^2_{ps}) + npt\sigma^2_s$
3 Sistemas x períodos (error a)	$\sigma^2_e + (n\sigma^2_{tsp}) + nt\sigma^2_{ps}$
4 Tratamientos	$\sigma^2_e + (n\sigma^2_{tsp}) + ns\sigma^2_{tp} + (np\sigma^2_{ts}) + nps\sigma^2_t$
5 Tratamientos x sistemas	$\sigma^2_e + n\sigma^2_{tsp} + np\sigma^2_{ts}$
6 Tratamientos x períodos	$\sigma^2_e + (n\sigma^2_{tsp}) + ns\sigma^2_{tp}$
7 Tratamientos x sistemas x períodos	$\sigma^2_e + n\sigma^2_{tsp}$
8 Error de replicación	$\sigma^2_e$
9 Error b (6 + 7)	
10 Error combinado (8 + 9)	

(a) Errores:

Períodos, 8  
 Sistemas de pastoreo, 3  
 Sistemas x períodos, 8  
 Tratamientos, 10  
 Tratamientos x sistemas, 9  
 Tratamientos x períodos, 8  
 Tratamientos x sistemas x períodos, 8

(b) Parámetros entre paréntesis se eliminan.