

**EFFECTOS DE LA ESTABILACION Y DEL
ALIMENTO CONCENTRADO EN EL
CONSUMO DE PASTO POR
VACAS LECHERAS EN
PASTOREO**

TESIS DE GRADO DE *MAGISTER SCIENTEAE*

✓
ROBERTO GUARROCHENA



INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA
Centro de Enseñanza e Investigación
Departamento de Zootecnia
Turrialba, Costa Rica
Junio, 1969

Thesis
G916



EFFECTOS DE LA ESTABILACION Y DEL ALIMENTO CONCENTRADO EN EL
CONSUMO DE PASTO POR VACAS LECHERAS EN PASTOREO

Tesis

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

Magister Scientiae

en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

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

APROBADA:



Karel Vohnout, Ph.D.

Consejero



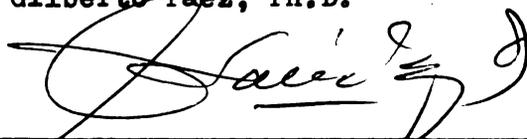
Oliver Deaton, Ph.D.

Comité



Gilberto Pérez, Ph.D.

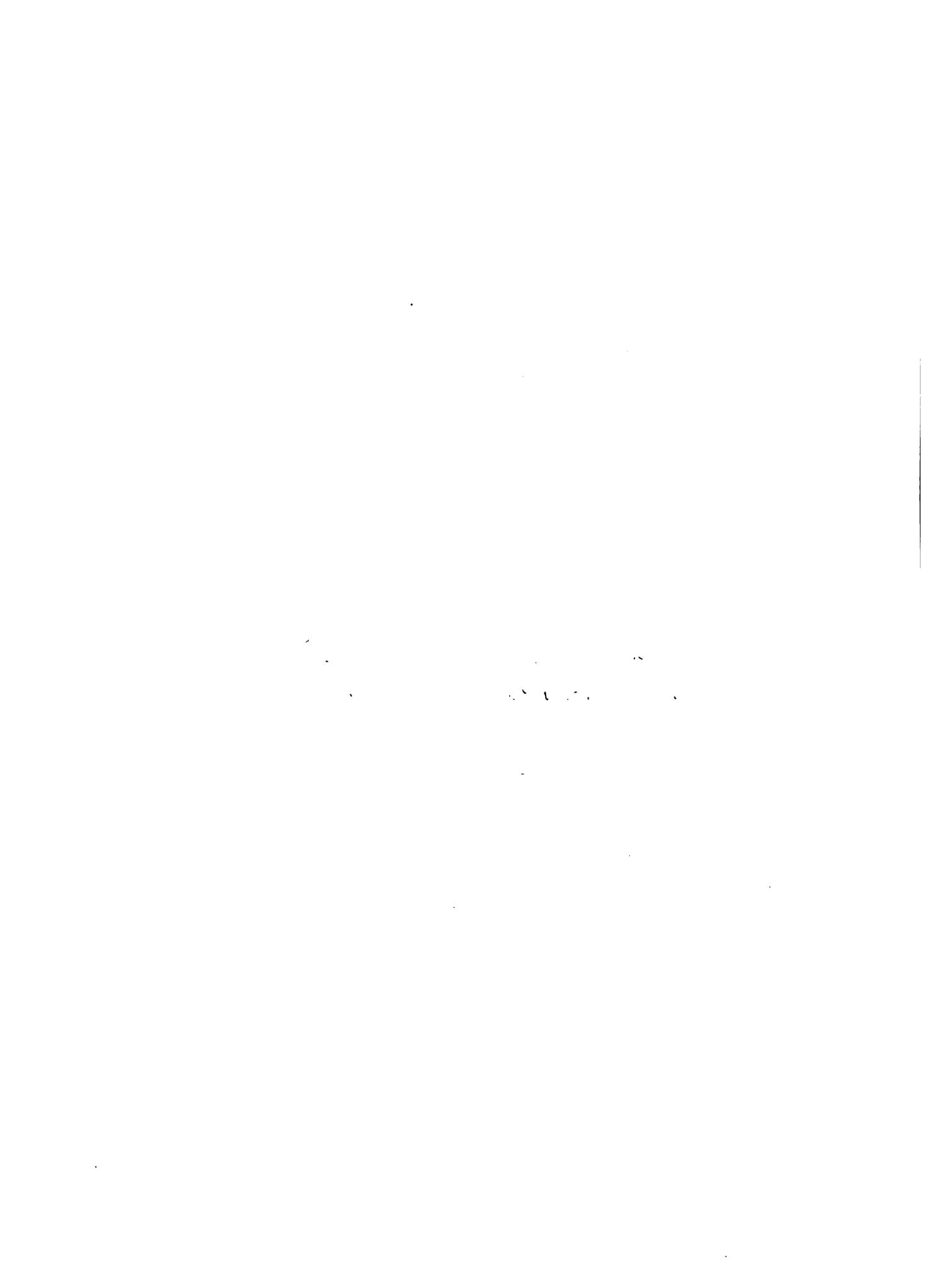
Comité



Arturo Sánchez Durón, M.S.

Comité

Junio, 1969



AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mis sinceros agradecimientos:

Al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA por darme la oportunidad, a través de una beca, de realizar mis estudios de post-grado.

Al Dr. Karel Vohnout, Consejero Principal, por la acertada orientación y estrecha colaboración prestada en el planeamiento y desarrollo del presente trabajo.

Al Dr. Oliver Deaton por haberme transmitido conocimientos y experiencia a través de constructivos diálogos.

Al Dr. Gilberto Páez por la precisa y criteriosa intervención en el análisis estadístico e interpretación de los resultados de esta tesis.

Al Ing. Sánchez Durón por su oportuna colaboración.

Al Dr. García Mata, al Dr. Cano y al Ing. Ochoa por la desinteresada ayuda en la obtención de la beca.

Al personal de campo y ayudantes de laboratorio por la voluntad y responsabilidad puesta en las tareas realizadas.

A mis compañeros.

BIOGRAFIA

El autor nació en Buenos Aires, Argentina el 7 de octubre de 1939. Realizó sus estudios primarios y secundarios en el Colegio Nuestra Señora de Guadalupe en Bs. As. Cursó sus estudios universitarios en la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires (U.B.A.) de donde egresó en 1966 con el título de Bioquímico. Se desempeñó como auxiliar docente en el Departamento de Zootecnia de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la U.B.A. y en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Católica.

En enero de 1968 ingresó como estudiante graduado en la disciplina de Zootecnia del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA en Turrialba, Costa Rica, egresando en junio de 1969.

CONTENIDO

| | <u>Página</u> |
|--|---------------|
| LISTA DE CUADROS | vii |
| LISTA DE FIGURAS | viii |
| ABREVIATURAS DEL TEXTO | ix |
| 1. INTRODUCCION | 1 |
| 2. REVISION DE LITERATURA | 2 |
| 2.1. Regulación del consumo de alimentos | 2 |
| 2.1.1. Regulación por el sistema nervioso central | 2 |
| 2.1.2. Termo-regulación | 2 |
| 2.1.3. Teoría glucoestática | 3 |
| 2.1.4. Teoría lipostática | 3 |
| 2.1.5. Movimientos del retículo-rumen | 3 |
| 2.2. Efectos de la suplementación de alimentos concentra dos en el consumo de pasto | 3 ✓ |
| 2.2.1. Efectos del volumen ingerido sobre el consumo de alimentos | 4 |
| 2.2.2. Efectos de la ingestión de energía sobre el consu mo de alimentos | 5 ✓ |
| 2.3. Efectos del tiempo de estabulación sobre el consumo de pasto..... | 5 ✓ |
| 3. MATERIALES Y METODOS | 7 |
| 3.1. Localización | 7 |
| 3.2. Animales y su manejo | 7 |
| 3.3. Tratamientos | 7 |
| 3.4. Determinaciones realizadas | 9 |
| 3.4.1. Consumo de materia seca en pastoreo | 9 |
| 3.4.1.1. Determinación de producción total de heces | 10 |
| 3.4.1.2. Determinación de proteína indigestible fecal .. | 10 |
| 3.4.1.3. Determinación de proteína indigestible en el pasto | 11 |
| 3.4.1.4. Determinación de materia seca y proteína indi- gestible en el concentrado | 11 |

| | <u>Página</u> |
|---|---------------|
| 3.4.2. Consumo de ED en pastoreo | 11 |
| 3.4.3. Consumo de PC en pastoreo | 12 |
| 3.5. Diseño experimental y análisis estadístico | 12 |
| 4. RESULTADOS Y DISCUSION | 15 |
| 4.1. Consumo de materia seca | 15 |
| 4.1.1. Efectos de los tratamientos | 15 |
| 4.1.2. Efectos de los periodos | 18 |
| 4.2. Consumo de PC | 20 |
| 4.3. Consumo de ED | 21 |
| 4.4. Tendencia de los efectos de los tratamientos | 24 |
| 4.5. Consumo máximo condicionado | 27 |
| CONCLUSIONES | 29 |
| RESUMEN | 30 |
| SUMMARY | 32 |
| LITERATURA CITADA | 34 |
| APENDICE | 39 |

LISTA DE CUADROS

| Cuadro N ^o | | <u>Página</u> |
|-----------------------|--|---------------|
| 1 | Tratamientos experimentales | 8 |
| 2 | Componentes del concentrado | 9 |
| 3 | Diseño del experimento | 12 |
| 4 | Análisis de variancia para consumo de MS, PC, y ED del pasto Pangola | 16 |
| 5 | Análisis de variancia para consumo de Ms, PC, y ED del pasto Guinea | 17 |
| 6 | Consumo de MS, PC y ED, coeficientes de diges- tibilidad de MS y concentración de PC y ED en la MS del pasto Pangola | 19 |
| 7 | Consumo de MS, PC y ED, coeficientes de diges- tibilidad de MS y concentración de PC y ED en la MS del pasto Guinea | 19 |
| 8 | Consumo de PC y ED de los pastos Pangola y Guinea y los requerimientos según NRC | 21 |
| 9 | Predicción del consumo de pasto Pangola | 22 |
| 10 | Predicción del consumo de pasto Guinea | 22 |
| 11 | Correlaciones parciales entre las variables <u>in</u> dependientes y las variables de respuesta | 27 |
| 12 | Consumo predecido y observado (entre parénte- sis) de MS de pasto Pangola | 40 |
| 13 | Consumo predecido y observado (entre parénte- sis) de MS en pasto Guinea | 40 |
| 14 | Consumo predecido y observado (entre parénte- sis) de PC en pasto Pangola | 41 |
| 15 | Consumo predecido y observado (entre parénte- sis) de PC en pasto Guinea | 41 |
| 16 | Consumo predecido y observado (entre parénte- sis) de ED en pasto Pangola | 42 |
| 17 | Consumo predecido y observado (entre parénte- sis) de ED en pasto Guinea | 42 |



LISTA DE FIGURAS

| Figura Nº | | <u>Página</u> |
|-----------|--|---------------|
| 1 | Configuración geométrica del Diseño | 13 |
| 2 | Consumo y digestibilidad de la MS de los pas- tos Pangola y Guinea en los diferentes perío- dos | 18 |
| 3 | Consumo de PC de los pastos Pangola y Guinea en los diferentes períodos | 21 |
| 4 | Consumo de ED de los pastos Pangola y Guinea en los diferentes períodos | 23 |
| 5 | Curvas de Iso consumo de MS del pasto Pango- la | 25 |
| 6 | Curvas de Iso consumo de MS del pasto Guinea | 26 |
| 7 | Curva del consumo de MS en pasto Guinea en función del concentrado manteniendo constan- te la estabulación | 28 |

Significado de las abreviaturas del texto

| | | |
|-------------------|---|---|
| MS | = | materia seca |
| MS _f | = | materia seca fecal |
| MS _c | = | materia seca del concentrado |
| PC | = | proteína cruda |
| PD | = | proteína digestible |
| PI | = | proteína indigestible |
| (PI) _f | = | concentración de proteína indigestible fecal. |
| (PI) _c | = | concentración de proteína indigestible del concentrado. |
| (PI) _p | = | concentración de proteína indigestible del pasto. |
| (PC) _p | = | concentración de proteína cruda del pasto. |
| PTH | = | producción total de heces. |
| CMS | = | consumo de materia seca. |
| CMS _p | = | consumo de materia seca del pasto. |
| CPC | = | consumo de proteína cruda. |
| CPC _p | = | consumo de proteína cruda del pasto. |
| CED | = | consumo de energía digestible. |
| EB | = | energía bruta. |
| ED | = | energía digestible. |
| EI | = | energía indigestible. |
| ED _p | = | energía digestible del pasto consumido. |
| EB _p | = | energía bruta del pasto consumido. |
| EB _f | = | energía bruta fecal. |
| EI _c | = | energía indigestible del concentrado |
| NRC | = | Consejo Nacional de Investigaciones de los EE.UU. |

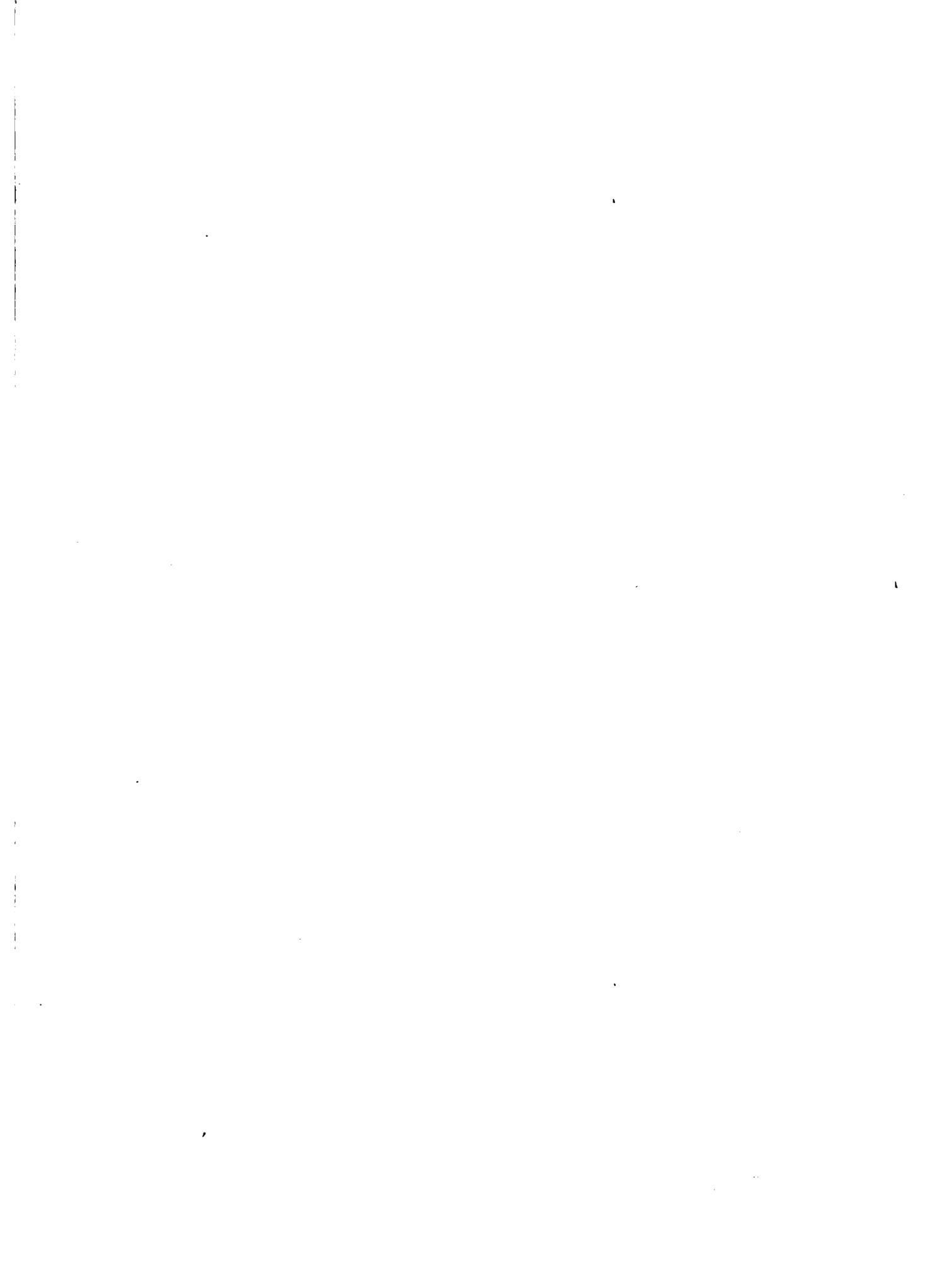
1. INTRODUCCION

Es copiosa la información que existe sobre el consumo de forrajes por el ganado bovino en confinamiento, pero esta información no se ajusta adecuadamente para animales en pastoreo directo pues en estas condiciones el animal tiene que gastar energía adicional en el acto de pastorear y es capaz de seleccionar el pasto consumido. Además de la selección que hace el animal, el manejo que se le da dentro del hato puede incidir en el consumo.

Los pastos frecuentemente no cubren las demandas de energía de bovinos en producción lo que hace necesario la suplementación mediante concentrados para que un animal desarrolle toda su capacidad genética de producción. Por lo tanto surge la necesidad de cuantificar el efecto producido por dicho concentrado para poder balancear adecuadamente la dieta y así alcanzar los niveles deseados de nutrimentos. Además hay evidencias de que el tiempo que se priva de pastorear a los animales durante el ordeño es otro factor que puede influir en la cantidad de pasto que el animal pueda consumir.

Fueron objetivos del presente trabajo:

1. Medir el efecto de suplementar al ganado con alimentos concentrados ricos en energía, sobre el consumo de los pastos Pangola (Digitaria decumbens) y Guinea (Panicum maximum) en pastoreo directo.
2. Medir el efecto de retener en el establo al ganado, sobre el consumo de pasto en pastoreo directo.
3. Establecer ecuaciones de predicción para el consumo de pasto Pangola y Guinea, considerando los efectos de los concentrados y del establo.



2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Regulación del consumo de alimentos

La regulación del consumo de alimentos es un tema que ha preocupado a numerosos investigadores. No obstante todavía no hay respuesta a todas las incógnitas para explicar el mecanismo regulador de dicho consumo. Se mantienen en vigencia varias teorías que explican parcialmente el control del consumo de alimentos.

2.1.1. Regulación por el sistema nervioso central

La mayoría de los autores (5, 9, 17, 29, 31) coinciden en asignar le al hipotálamo el principal control del consumo de alimentos, señalando centros nerviosos en el área lateral y media que regulan las sensaciones de apetito y saciedad respectivamente. Los mecanismos por los cuales estos centros son estimulados o inhibidos son los que dan el tema central a las controversias.

2.1.2. Termo-regulación

"La teoría termostática" postula que el comer es una respuesta a la caída en la producción de calor y que la detención del comer es una respuesta a la elevación en la producción de calor. En otras palabras, el calor producido durante la utilización de los alimentos (acción dinámica específica) produciría los estímulos en el hipotálamo a través de termo-receptores, actuando sobre los centros respectivos para el control del consumo (5, 9, 29). También se atribuye a la termo-sensibilidad del hipotálamo la disminución del consumo de energía con el



aumento de la temperatura ambiente (41, 42, 43).

2.1.3. Teoría glucoestática

Meyer (36) indicó como mecanismos para estimular los centros hipotálamicos, la diferencia arterio-venosa de la glucemia. La diferencia de concentraciones es medida directamente por el hipotálamo. Probablemente los glucoreceptores están localizados en el mismo hipotálamo.

2.1.4. Teoría lipostática

Kennedy (27) señala que el hipotálamo regula la ingestión de alimentos y la actividad corporal, como una respuesta a los cambios de la cantidad de grasa corporal.

2.1.5. Movimientos del retículo-rumen

Otra teoría quizás la más antigua, le atribuye a las contracciones del retículo-rumen los estímulos aferentes de los centros reguladores del apetito (5, 9).

✓ 2.2. Efectos de la suplementación de alimentos concentrados en el consumo de pasto

Abundan las evidencias experimentales de que frecuentemente los forrajes no cubren los requisitos mínimos de energía de los bovinos en producción (1, 7, 20, 33), por lo cual se hace indispensable la suplementación con concentrado. Se entiende por concentrado aquella ración que tiene una concentración de principios nutritivos superior a la del pasto, condición necesaria para que cumpla realmente la función de suplementación al pastoreo. En términos generales la suplementación



con concentrado produce una disminución en el consumo de pasto (14, 28, 34, 47). No obstante en algunos experimentos con forraje de baja calidad no se ha encontrado ese efecto (23, 33).

En el término concentrados están encerrados básicamente dos conceptos que actúan independientemente sobre el consumo: volumen y cantidad de energía administrada.

✓ 2.2.1. Efectos del volumen ingerido sobre el consumo de alimentos

El tamaño del tracto digestivo, está íntimamente relacionado con el volumen de alimento que puede alojar en él. Se han encontrado una correlación significativamente positiva de 0,63 entre el peso del retículo-rumen y el consumo voluntario (9, 52). La gordura y el estado avanzado de preñez, que reduce el espacio disponible para el rumen en la cavidad abdominal, disminuye el consumo voluntario (5, 17). En consecuencia, el mayor efecto del volumen del concentrado ingerido estaría determinado por el espacio ocupado por el concentrado, que reemplazaría al pasto.

Hay una relación positiva entre el consumo y la digestibilidad (9, 10, 11, 37, 51), por otra parte el consumo y la digestibilidad están determinando el tiempo que permanecen los alimentos en el tracto digestivo (6, 9, 11). Estas evidencias han llevado a Blaxter (10) a decir que el apetito de un animal lo condiciona principalmente los residuos de alimentos en el sistema gastro-intestinal. Crampton (19) expresa la misma idea diciendo que la apetencia de los animales por las diferentes especies herbáceas están directamente correlacionadas con la velocidad a que se fermenta la celulosa y hemicelulosa por los

microorganismos del rumen. En otras palabras las sensaciones de hambre periódica, se debería a la reducción de carga de la panza. La administración de concentrado disminuye la digestibilidad de la fibra del pasto (6, 8, 46) e indirectamente estaría deprimiendo el consumo al aumentar la permanencia de la ingesta en el tracto digestivo; no obstante hay que tener en cuenta que cuantitativamente es probable que ese factor tenga una importancia menor al factor espacio ocupado por el concentrado.

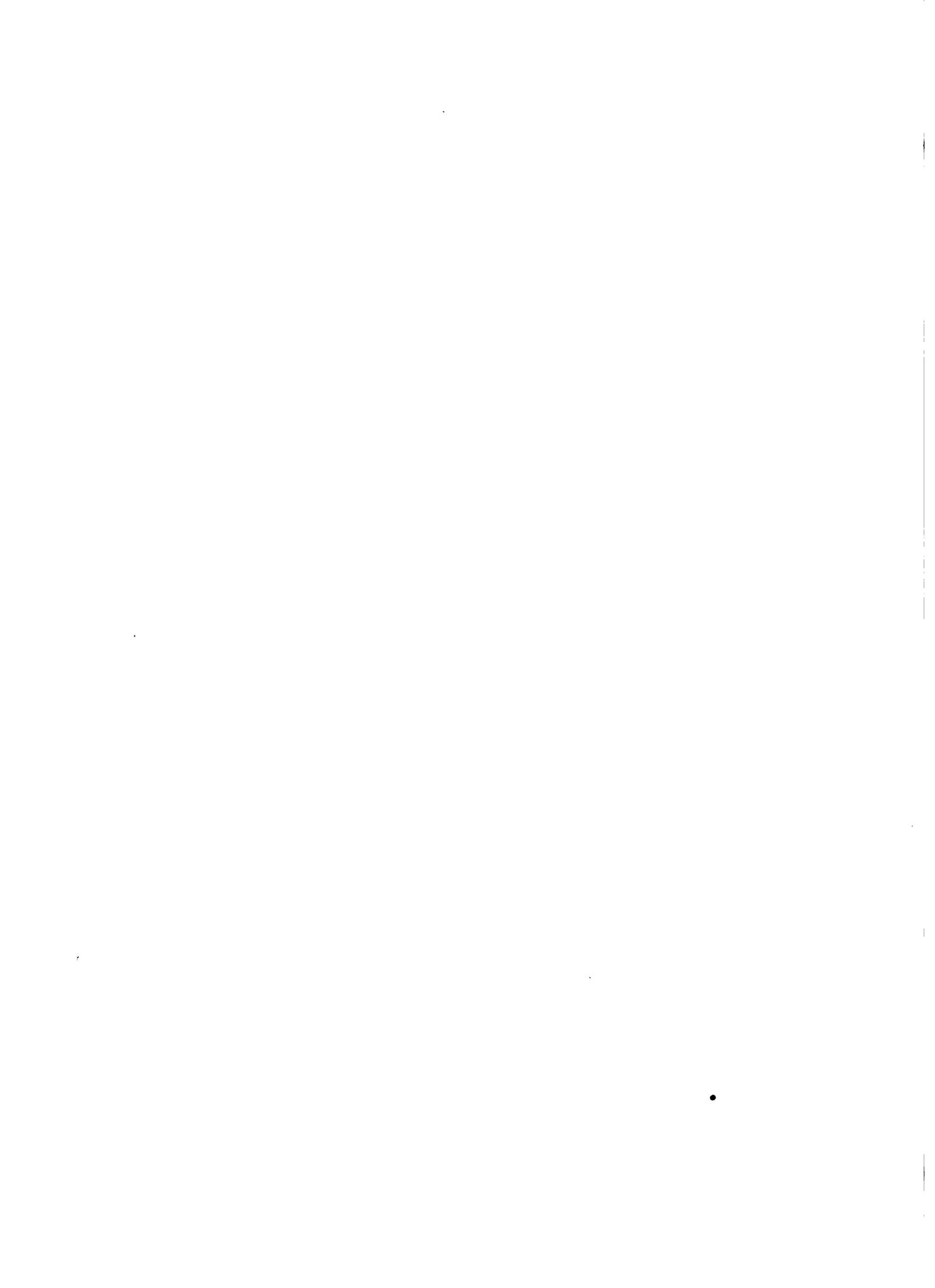
✓ 2.2.2. Efectos de la ingestión de energía sobre el consumo de alimentos

Hay buenas evidencias para suponer que cuando los forrajes son de una digestibilidad lo suficientemente elevada, el volumen de alimentos a ingerir para cubrir los requerimientos es un factor menos limitante y el consumo más bien lo regula la demanda de energía del organismo (16, 38). Esto es perfectamente compatible con las teorías que postulan que el consumo de alimentos está regulado por el volumen que es capaz de recibir el tracto digestivo (9, 11, 19) y simultáneamente con aquellas teorías que le atribuyen, esa función de regulación, a la demanda de energía del organismo (12, 19, 29).

✓ 2.3. Efectos del tiempo de estabulación sobre el consumo de pasto

Los sistemas convencionales de manejo requieren que las vacas de hatos lecheros reduzcan el tiempo disponible para el pastoreo, cuando son retiradas del potrero para ser ordeñadas. En prácticas de semi-estabulación, el horario que se toma ya sea a la mañana, a la tarde o

a la noche para privar de pastorear a los animales, no tiene tanta importancia ya que las vacas lecheras pueden cambiar el hábito natural de pastoreo (54). Este no sería estrictamente cierto cuando las condiciones ambientales son muy rigurosas (48). Sin embargo, la cantidad de tiempo que se prive al animal de pastorear tiene influencia sobre el consumo, habiéndose encontrado que vacas encorraladas durante cinco horas disminuyen la cantidad de rumia y de pastoreo (53).



3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización

El experimento se desarrolló entre los meses de octubre de 1968 y febrero de 1969, en los campos y laboratorios del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA en Turrialba, Costa Rica. Turrialba se encuentra en una zona tropical-húmeda a una altitud de 600 m con una precipitación promedio de 2.600 mm anuales, humedad relativa del 90% y una temperatura media de 22°C.

3.2. Animales y su manejo

Se trabajó con 72 vacas lecheras de las razas Criolla, Criolla-Jersey y Jersey, escogiendo las mejores productoras del hato en ordeño. Antes de iniciar el experimento los animales fueron sometidos a un tratamiento contra parásitos internos y a un período de acostumbramiento al manejo diario. Durante el experimento los animales fueron pastoreados en praderas de Pangola (Digitaria decumbens) y de Guinea (Panicum maximum). Para tener una muestra representativa del pasto consumido se dispuso de tres animales con fístula al rumen.

3.3. Tratamientos

Los tratamientos consistieron en la administración de 0-6 kg de concentrados, manteniendo a los animales estabulados entre 4-12 horas; según se detalla en el cuadro 1. La cantidad máxima de concentrados administrados, 6 kg por día, se determinó mediante un ensayo piloto, correspondiendo al consumo máximo de concentrado obtenido con las mejora

res productoras del hato cuando se pastoreaban en potreros de óptima calidad. El tiempo de 4 horas como mínimo de estabulación correspondió al menor tiempo que se considera se puede gastar en el ordeño.

Estos tratamientos se aplicaron separadamente a los pastos Guinea (Panicum maximum) y Pangola (Digitaria decumbens).

Cuadro 1. Tratamientos experimentales.

| Tratamiento Nº | Concentrado administrado kg | Horas de estabulación |
|-------------------|--------------------------------|--------------------------|
| 1 | 0 | 8 |
| 2 | 0,9 | 5 |
| 3 | 0,9 | 11 |
| 4 | 3 | 4 |
| 5 | 3 | 8 |
| 6 | 3 | 12 |
| 7 | 5,1 | 5 |
| 8 | 5,1 | 11 |
| 9 | 6 | 8 |

El concentrado administrado estuvo constituido por una mezcla con 75% de NDT y 15% de PC, cuyos componentes se detallan en el cuadro 2.



Cuadro 2. Componentes del concentrado.

| Ingredientes | % de base seca |
|------------------|----------------|
| Torta de algodón | 5 |
| Afrecho de trigo | 65 |
| Melaza | 30 |
| Hueso molido | 1 |
| Sal | 1 |

3.4. Determinaciones realizadas

Se hicieron las siguientes determinaciones: consumo de materia seca en pastoreo, consumo de energía digestible en pastoreo y consumo de proteína cruda en pastoreo.

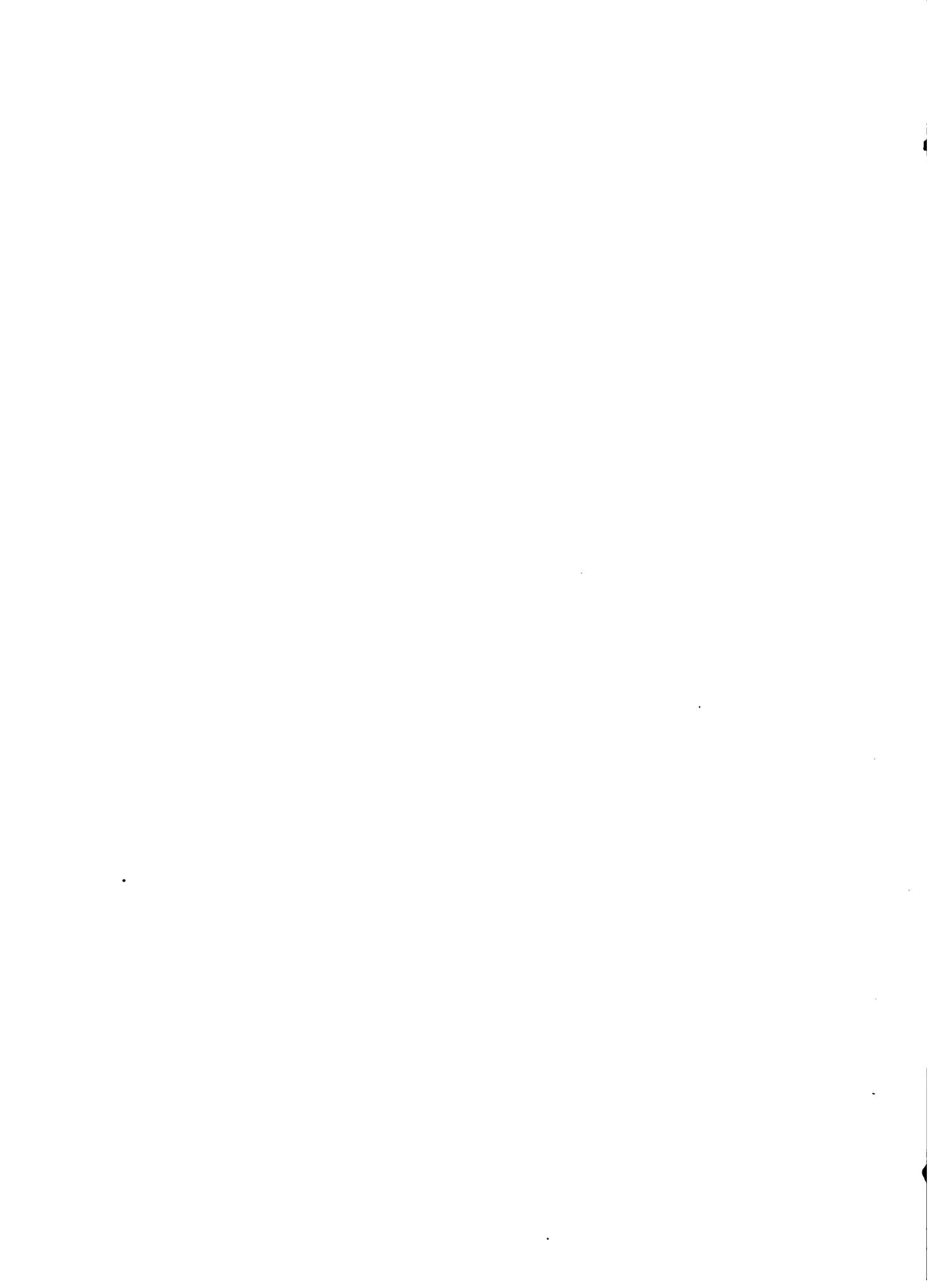
3.4.1. Consumo de materia seca en pastoreo

El consumo de MS en pastoreo se determinó por el método de Nitrógeno fecal, que usa la proteína indigestible como indicador (24, 30, 45, 50).

$$CMS = \frac{(PI)_f \times MS_f - (PI)_c \times MS_c}{(PI)_p}$$

Para aplicar esta fórmula se necesita conocer:

- producción total de heces
- concentración de PI en las heces
- concentración de PI en el pasto
- MS y concentración de PI en el concentrado



3.4.1.1. Determinación de producción total de heces

Se determinó usando como indicador óxido crómico (Cr_2O_3). La dosificación de los animales y el muestreo de heces se hizo dos veces por día, con un intervalo de 10-14 horas (25, 44). La administración de óxido crómico se hizo en forma de pastillas de harina. Cada determinación tuvo una duración de 15 días. Los 10 primeros días sirvieron para estabilizar la excreción de óxido crómico por los animales. Las muestras de heces se tomaron los últimos 5 días. Con las dos muestras diarias colectadas durante 5 días, se hizo una muestra compuesta para cada animal, en la que se determinó la concentración de óxido crómico expresándola en función de la materia seca al vacío.

La excreta total se calculó mediante la fórmula siguiente:

$$\text{PTH} = \frac{\text{cantidad de indicador administrado}}{\text{concentración del indicador en las heces}}$$

3.4.1.2. Determinación de (PI)_f

Se consideró como proteína indigestible a la proteína de las heces, quedando dentro del error experimental la porción correspondiente al nitrógeno metabólico. La proteína de cada muestra compuesta se determinó por el método de micro Kjeldahl, según normas de la AOAC (4). Para corregir las pérdidas de nitrógeno durante el secado a 100°C se utilizó la ecuación (26):

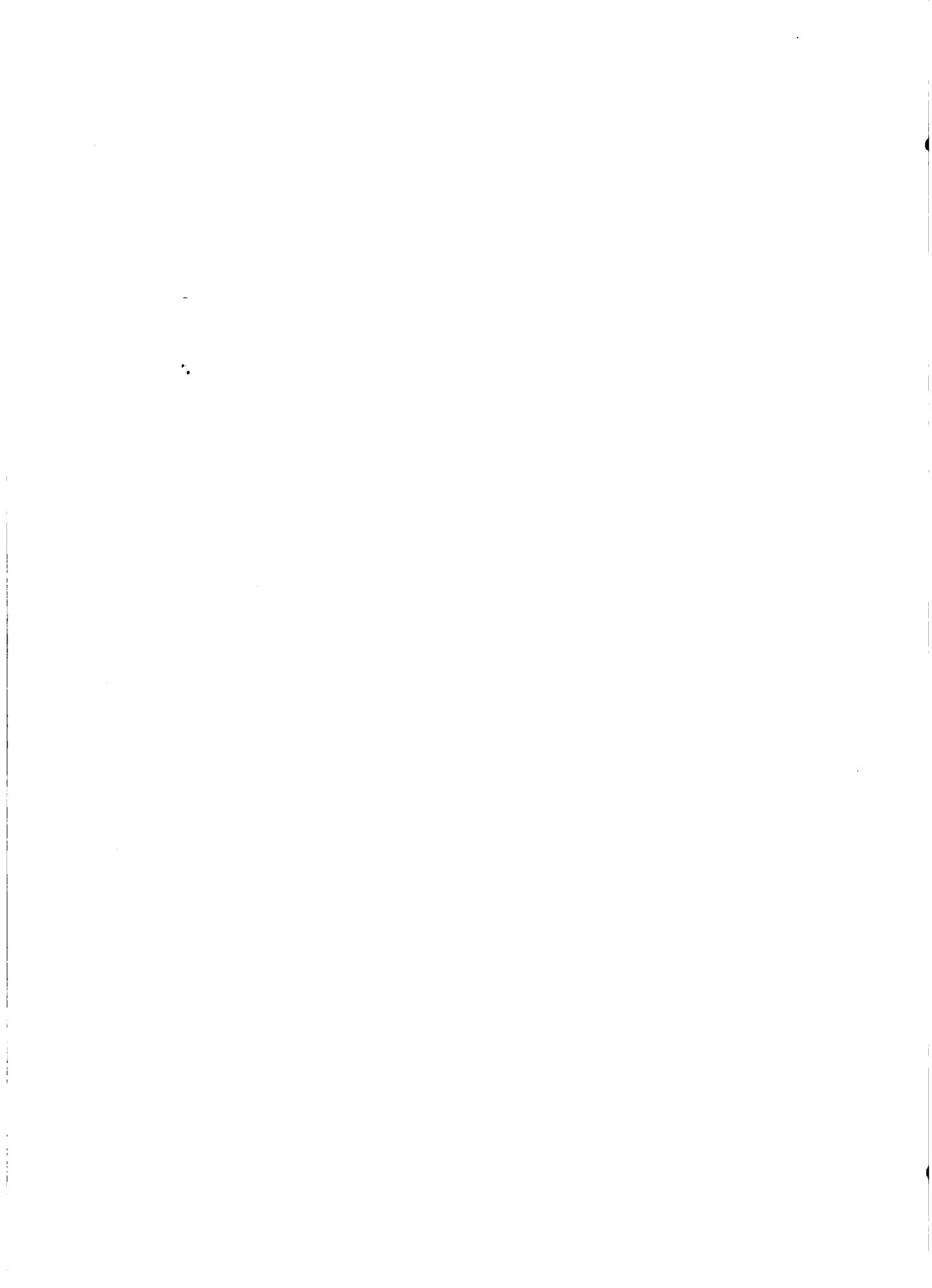
$$Y = 1,125 X + 0,12$$

donde:

Y = % de N corregido por pérdidas durante el secado

X = % de N en la muestra seca





3.4.1.3. Determinación de (PI)_p

Las muestras de pasto se obtuvieron utilizando los animales fistulados (32). El muestreo se inició aproximadamente 48 horas antes de comenzar el muestreo de heces en las vacas. Durante 5 días se tomó una muestra por día, por cada pradera y por animal fistulado. Con las 5 muestras se hizo una muestra compuesta, al igual que con las heces, sobre la cual se determinó proteína cruda aplicando también las mismas correcciones.

La proteína indigestible se calculó mediante la ecuación:

$$\% \text{ PI} = \% \text{ PC} - (0,929 \text{ PC} - 3,48) \quad (24)$$

3.4.1.4. Determinación de MS y PI en el concentrado

Los valores de MS y PC se obtuvieron por los métodos convencionales de la AOAC (4). Para obtener la PI se realizó una prueba de digestibilidad (21).

3.4.2. Consumo de ED en pastoreo

La ED en valores absolutos se determinó en la forma siguiente:

$$\text{ED}_p = \text{EB}_p - \text{EB}_f + \text{EI}_c$$

Las determinaciones de energía bruta de las muestras de heces, pasto y concentrado se hicieron en una bomba calorimétrica Parr. Para calcular la ED del concentrado se usó el coeficiente de digestibilidad (21).



3.4.3. Consumo de PC en pastoreo

El consumo de PC se calculó en la siguiente forma:

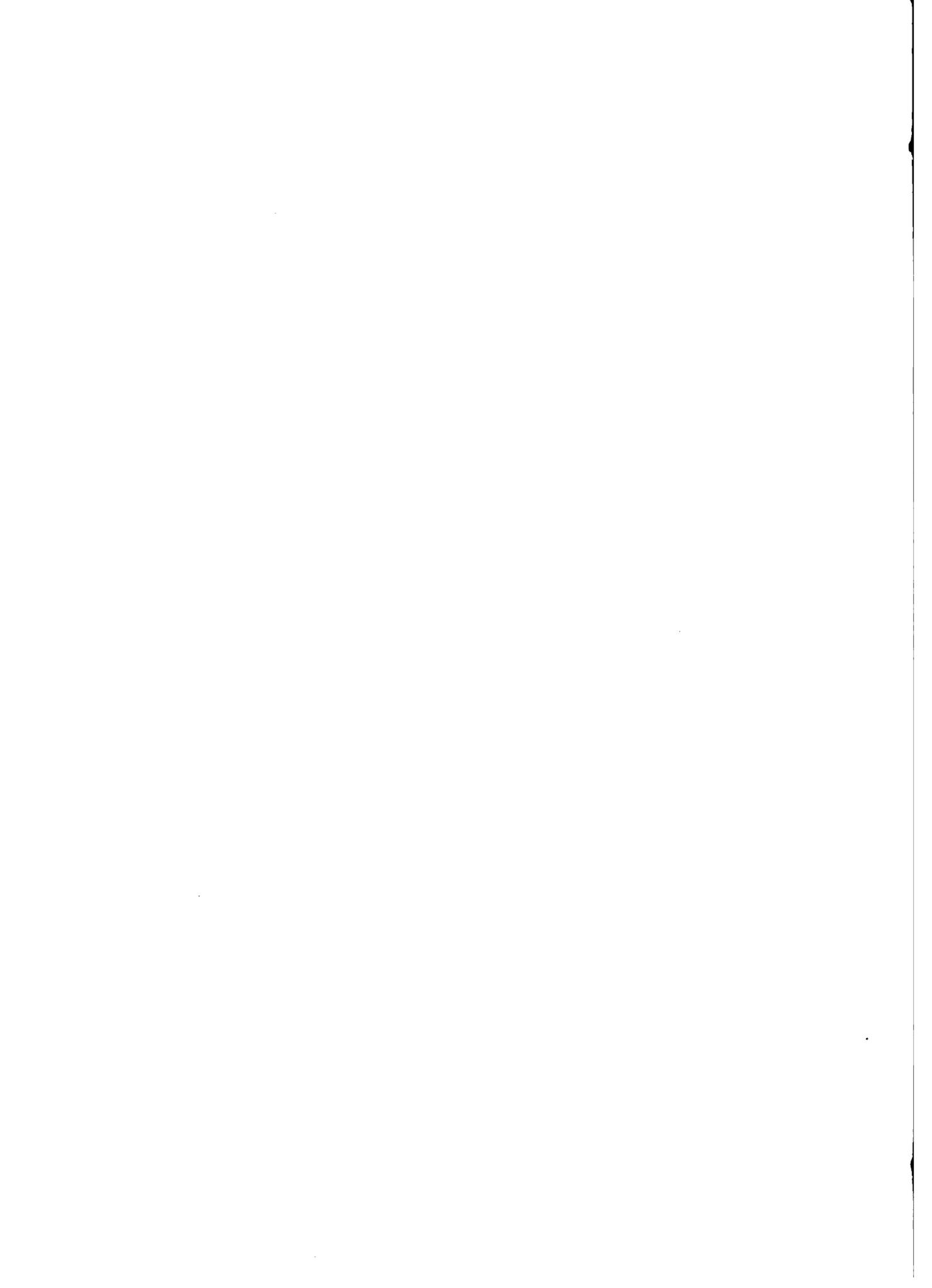
$$CPC_p = CMS \times (PC)_p$$

3.5. Diseño experimental y análisis estadístico

En el presente experimento se usó un diseño rotatable de compuesto central (15), en que los factores a considerarse fueron tiempo de estabulación y cantidad de concentrado. La aplicación de los tratamientos dentro de cada pasto se ilustra en el cuadro 3 y figura 1.

Cuadro 3. Diseño del Experimento.

| Concentrado administrado | | Horas de estabulación | |
|--------------------------|----------|-----------------------|-------|
| codificado | Kg de MS | codificado | horas |
| -1 | 0,75 | -1 | 5,2 |
| 1 | 4,23 | -1 | 5,2 |
| -1 | 0,75 | 1 | 10,8 |
| 1 | 4,23 | 1 | 10,8 |
| -1.4142 | 0 | 0 | 8 |
| 1.4142 | 4,98 | 0 | 8 |
| 0 | 2,49 | -1.4142 | 4 |
| 0 | 2,49 | 1.4142 | 12 |
| 0 | 2,49 | 0 | 8 |
| 0 | 2,49 | 0 | 8 |
| 0 | 2,49 | 0 | 8 |
| 0 | 2,49 | 0 | 8 |



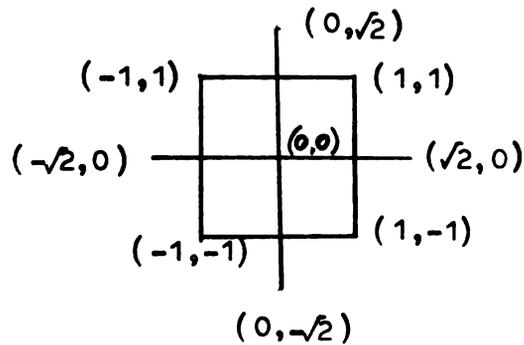


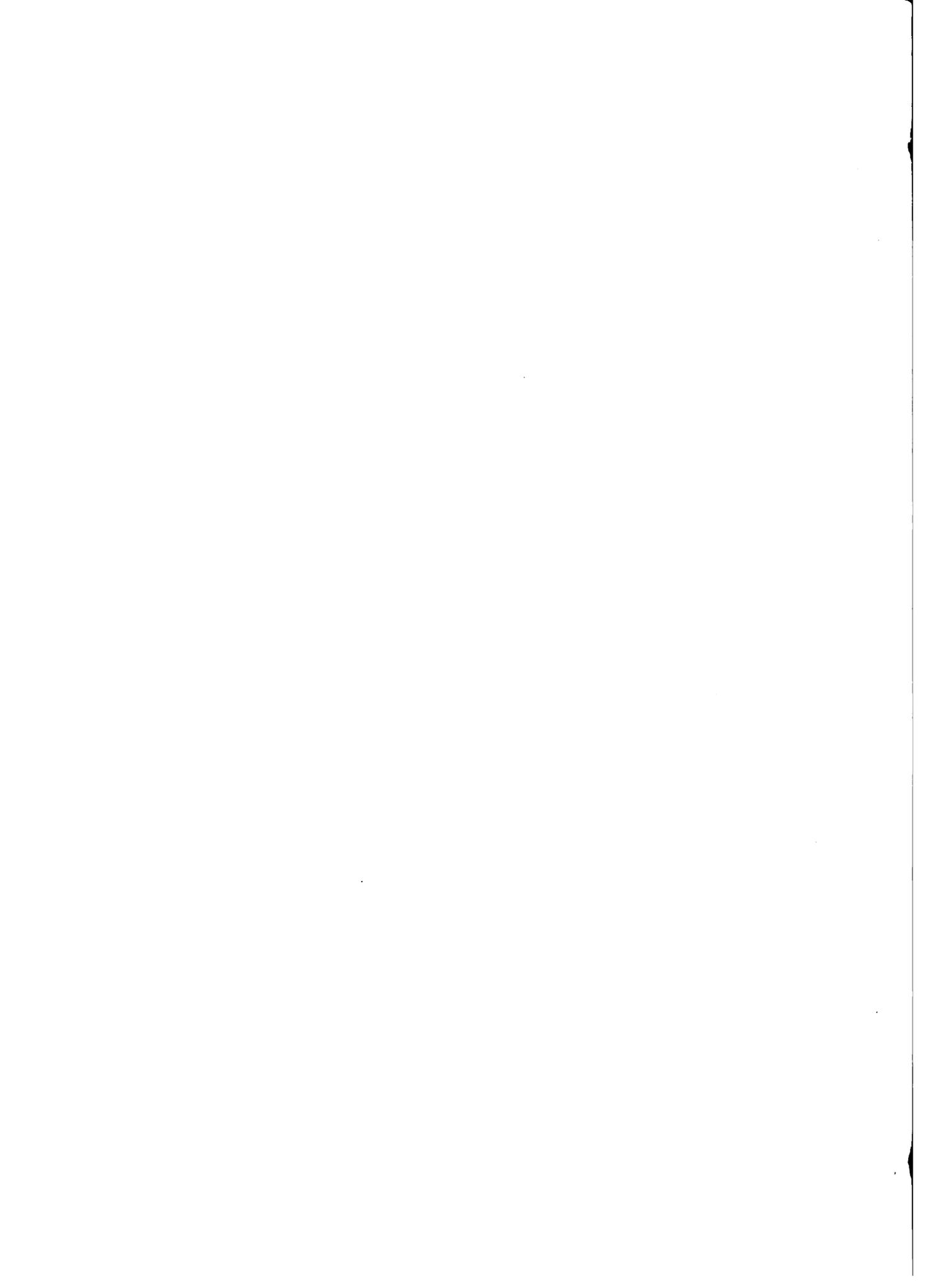
Figura 1. Configuración geométrica del diseño.

Como se puede ver en el cuadro 3 y en la figura 1, para facilitar el análisis estadístico se codificaron los valores correspondientes a los niveles de los tratamientos. Este esquema experimental se repitió en tres periodos sucesivos con cada especie de pasto. Con los datos obtenidos se ajustó una superficie de respuesta con el siguiente polinomio de 2º grado:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{12}X_1X_2$$

donde:

- X_1 = cantidad de concentrado administrado
- X_2 = tiempo de estabulación de los animales.
- Y = variables de respuestas, consumo de MS, PC y ED.
- b = punto de corte en Y por la superficie de respuesta.



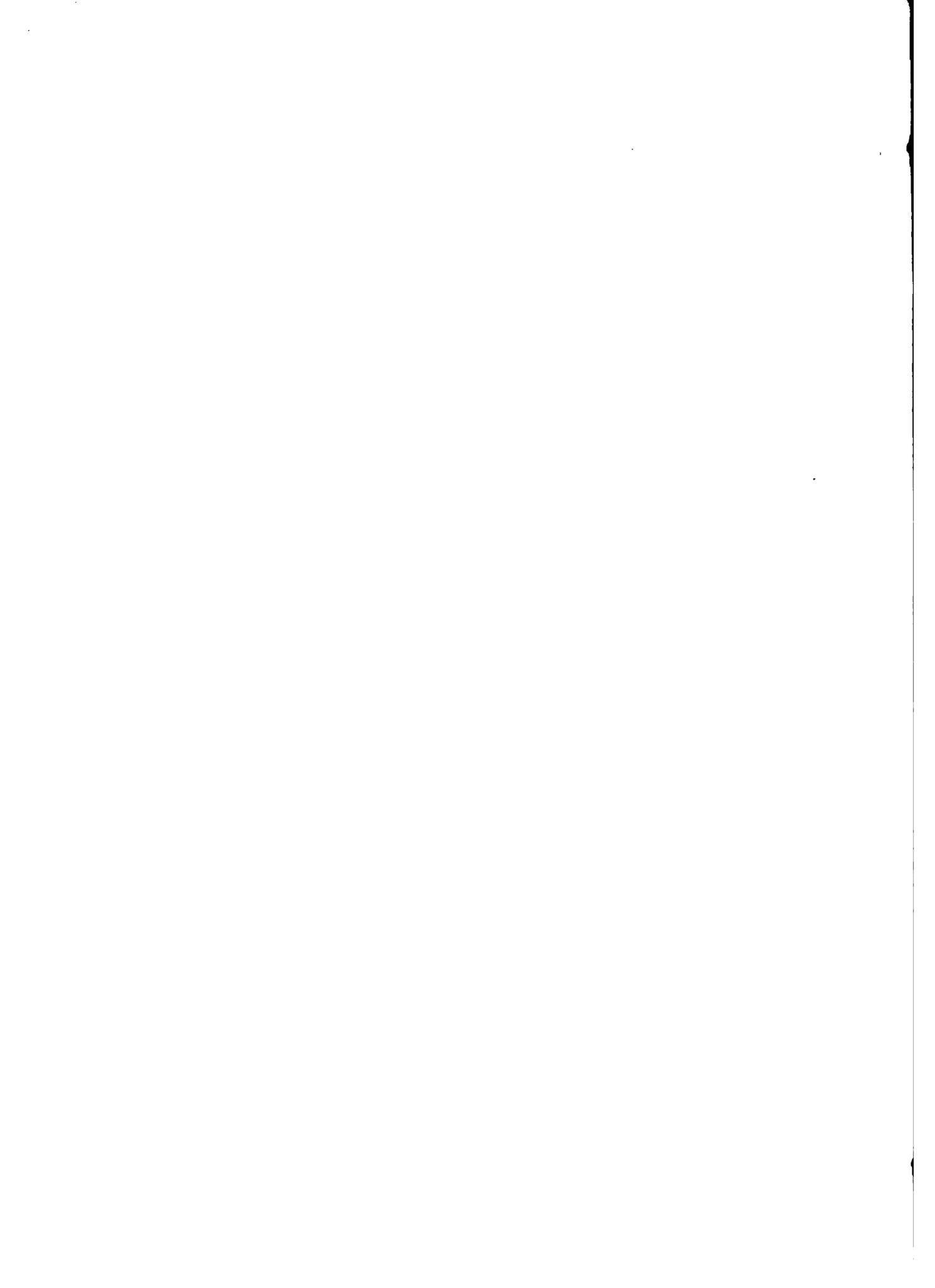
$$b_1 = \frac{\partial y}{\partial x_1} \quad \text{razón de cambio del consumo de pasto por cada Kg de concentrado.}$$

$$b_2 = \frac{\partial y}{\partial x_2} \quad \text{razón de cambio del consumo de pasto por cada hora de estabulación.}$$

$$b_{11} = \frac{\partial^2 y}{\partial x_1^2} \quad \text{razón de cambio del coeficiente } b_1.$$

$$b_{22} = \frac{\partial^2 y}{\partial x_2^2} \quad \text{razón de cambio del coeficiente } b_2.$$

$$b_{12} = \frac{\partial y}{\partial x_1 \partial x_2} \quad \text{razón de cambio del consumo de pasto por el cambio simultáneo de } X_1 \text{ y } X_2.$$



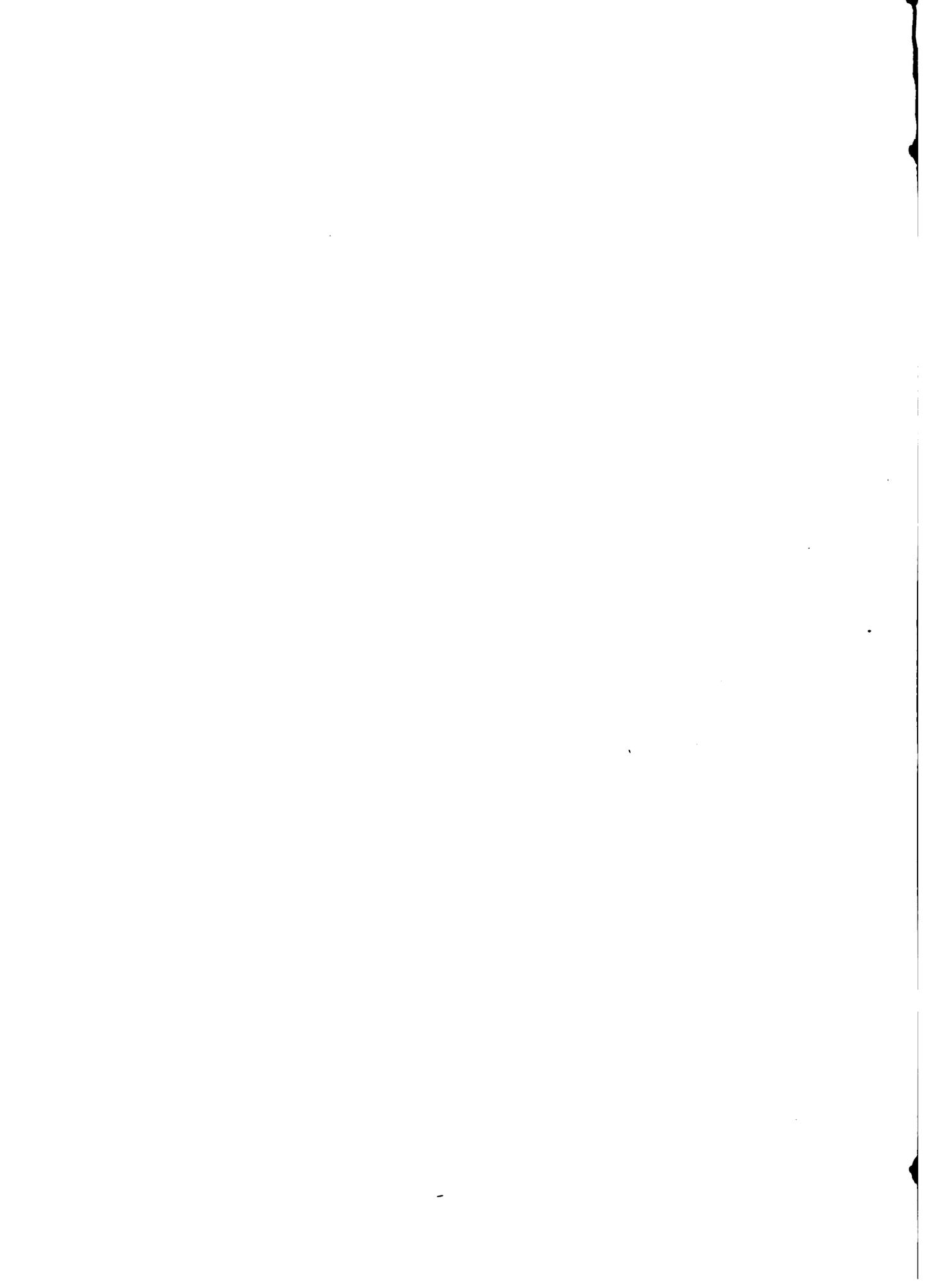
4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Consumo de Materia Seca

En general el consumo de materia seca, fue semejante tanto en los animales pastoreados en Guinea, como en los pastoreados en Pangola, siendo el promedio de tratamientos 3,41 y 3,47% de peso vivo respectivamente (Cuadros 6, 7 y 8). Este resultado contrasta con lo informado por Louis (33) y por Anrique (2) que trabajando con las mismas especies encontraron mayor consumo de materia seca en pasto Guinea. Es difícil explicar esta discrepancia si no se tiene información de como afectan, el consumo de pasto por el ganado bovino factores tales como: composición florística e invasión de malezas de los potreros, topografía del terreno y cantidad de agua en el forraje consumido. Tales efectos deben ser tema de cuidadosa investigación futura.

4.1.1. Efectos de los tratamientos

Probablemente por la magnitud del error, (el CV fue 14,4% en Pangola y 22,8% en Guinea), los efectos de los tratamientos no fueron significativos, según se puede observar en los cuadros 4 y 5. En vista de la homogeneidad de los animales usados en el experimento, el análisis de covariancia utilizando peso corporal y niveles de producción de leche, no redujo la magnitud del error. Sin embargo es posible distinguir una tendencia depresora en el consumo de pasto, tanto del concentrado administrado como de la estabulación, como se puede ver en los cuadros 9 y 10. Este efecto del concentrado ha sido ya encontrado por otros investigadores (14, 28, 34, 47), siguiendo en el caso presente,

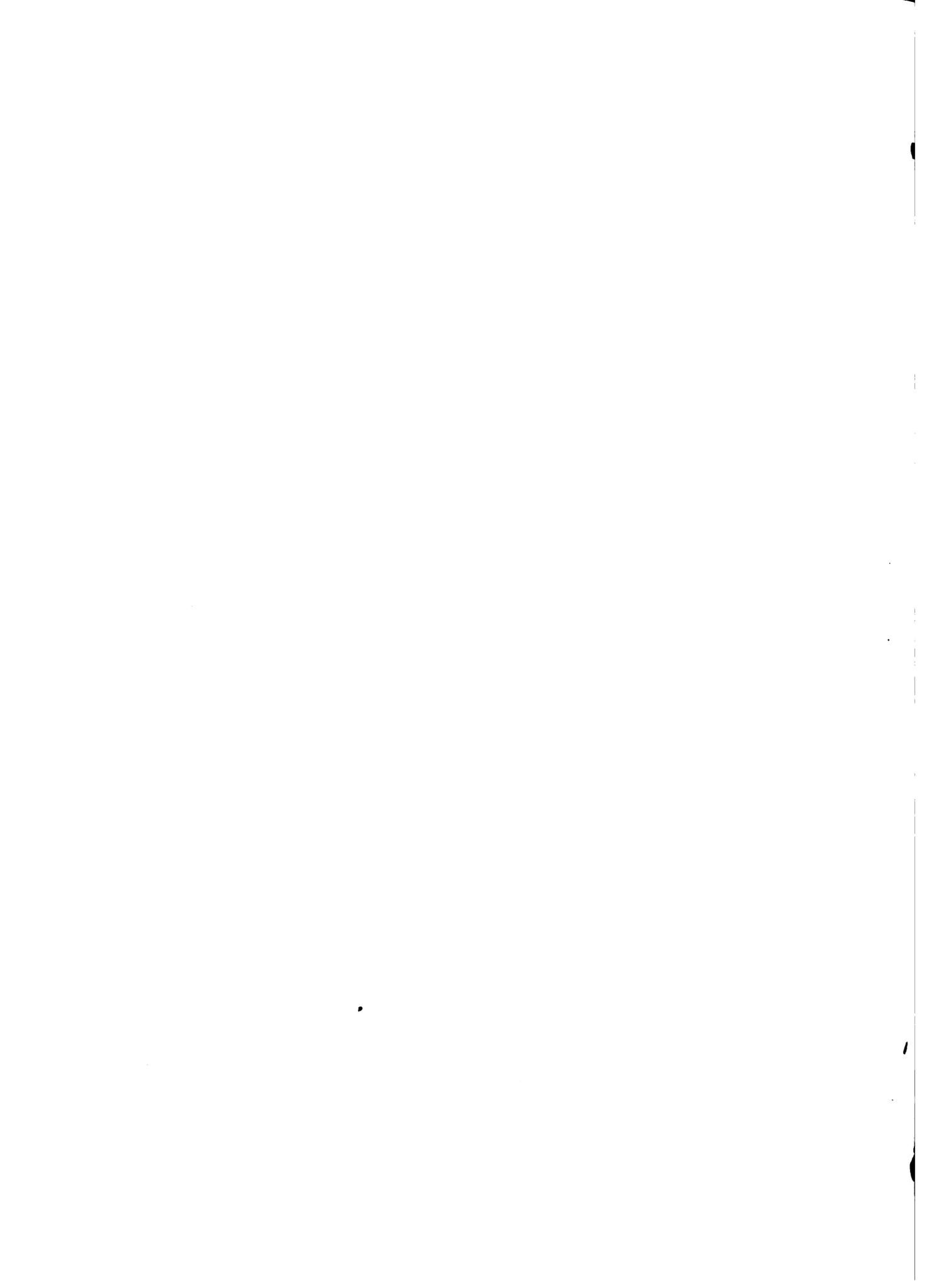


Cuadro 4. Análisis de variancia para consumos de MS, PC y ED del pasto Pangola.

| Fuentes de Variación | | GL | CM (CMS) | CM (CPC) | CM (CED) |
|---|--|----|-----------|----------|------------|
| Entre Períodos | | 2 | 27.4200** | 3.0000** | 299.4600** |
| Tratamientos | | 8 | - | - | - |
| Ef. lineal de concentrado y estabulación | | 2 | 5.9590 | 0.2525 | 59.0161 |
| Ef. lineal del concentrado | | 1 | 0.4368 | 0,0144 | 1.5792 |
| Ef. lineal de la estabulación | | 1 | 11.4792 | 0.4896 | 116.4300 |
| Ef. cuadrático puro de conc. y estabulación | | 2 | 10.3239 | 0.2118 | 39.2484 |
| Ef. cuadrático de concentrado | | 1 | 9.4464 | 0.3782 | 74.2330 |
| Ef. cuadrático de estabulación | | 1 | 2.3482 | 0.1114 | 14.0198 |
| Efecto cuadrático mixto | | 1 | 1.0324 | 0.0420 | 29.2644 |
| Desviación del modelo | | 3 | 1.4753 | 0.0498 | 13.9955 |
| Interacción tratamientos por períodos | | 16 | 1.9041 | 0.0913 | 17.6887 |
| Error de repetición * | | 9 | 4.7449 | 0.1954 | 57.2500 |
| Error combinado | | 28 | 2.7711 | 0.1203 | 29.9795 |
| Total | | 35 | | | |

* Error combinado es la suma de desviación del modelo, error de repetición y la interacción de tratamiento por período.

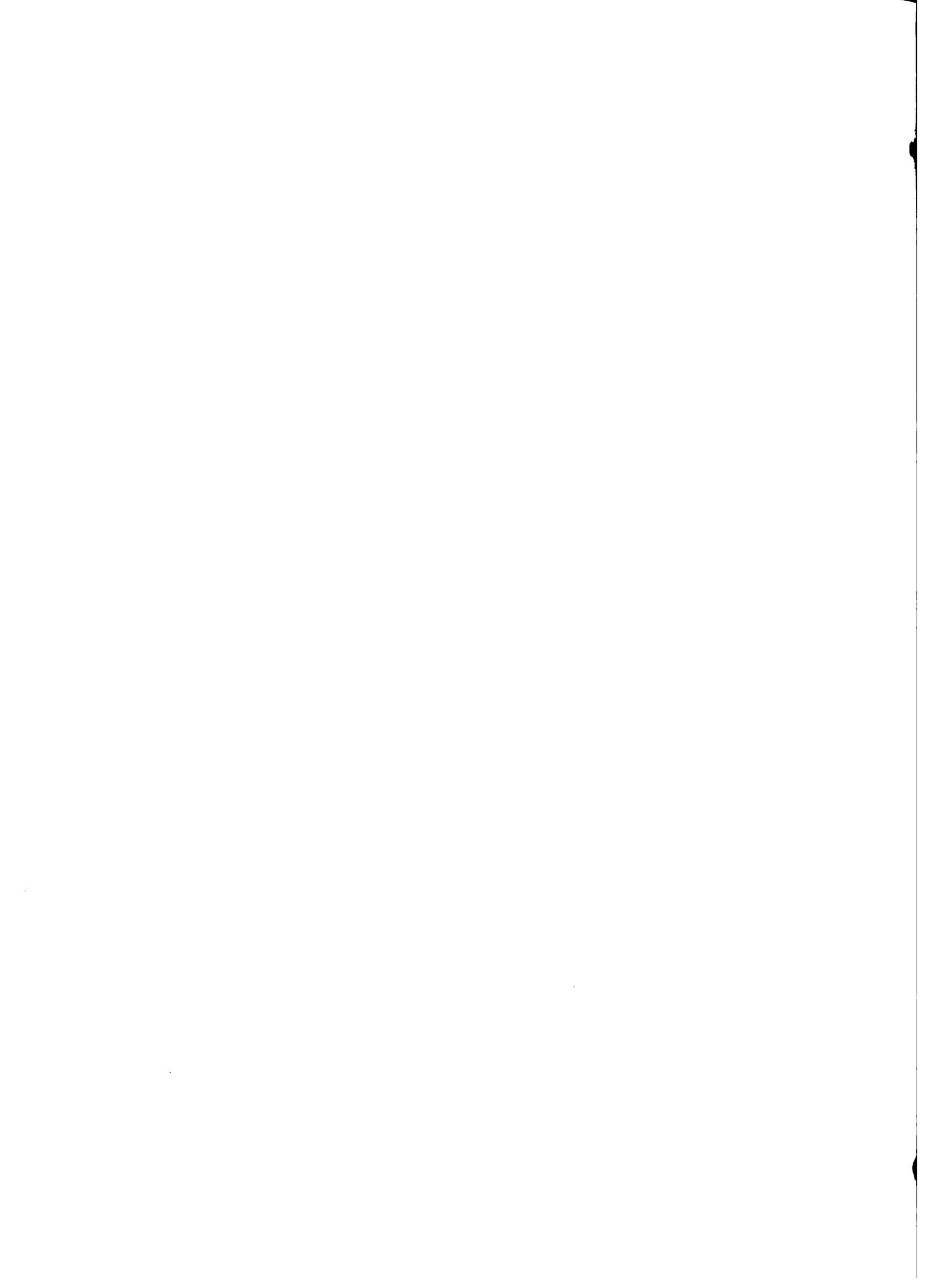
** Significativo ($P < 0,01$).



Cuadro 5. Análisis de variancia para consumos de MS, PC y ED del pasto Guinea.

| Fuentes de Variación | GL | CM(CMS) | CM (CPC) | CM (CED) |
|---|----|---------|----------|----------|
| Entre Períodos | 2 | 7.8200 | 0.4800 | 67.5200 |
| Tratamientos | 8 | - | - | - |
| Ef. lineal de concentrado y estabulación | 2 | 15.5422 | 0.3882 | 171.4819 |
| Ef. lineal de concentrado | 1 | 20.9544 | 0.6336 | 226.4328 |
| Ef. lineal de estabulación | 1 | 10.1256 | 0.1416 | 116.4768 |
| Ef. cuadrático puro de conc. y estabulación | 2 | 7.1973 | 0.1545 | 73.3263 |
| Ef. cuadrático de concentrado | 1 | 0.1651 | 0.0038 | 3.2717 |
| Ef. cuadrático de estabulación | 1 | 13.0675 | 0.2784 | 129.2928 |
| Efecto cuadrático mixto | 1 | 3.6631 | 0.0936 | 8.9787 |
| Desviación del modelo | 3 | 1.7000 | 0.0100 | 19.9280 |
| Interacción tratamientos por períodos | 16 | 11.6400 | 0.2689 | 116.1700 |
| Error de repetición | 9 | 12.5484 | 0.3842 | 538.5880 |
| Error combinado* | 28 | 10.8670 | 0.2782 | 106.9900 |
| Total | 35 | | | |

* Error combinado es la suma de desviación del modelo, error de repetición y la interpretación de tratamiento por períodos.



al igual que el efecto de la estabulación, una tendencia marcadamente curvilínea.

4.1.2. Efectos de los períodos

Como se puede observar en el cuadro 4, el efecto de períodos o épocas en que se replicó el experimento fue muy fuerte ($P < 0,01$) en el pasto Pangola. Este efecto no fue significativo en el Guinea (Cuadro 5) aunque se observó la misma tendencia en ambos pastos, siendo el rango de variación sensiblemente superior en el Pangola (Fig. 2, Cuadros 6 y 7).

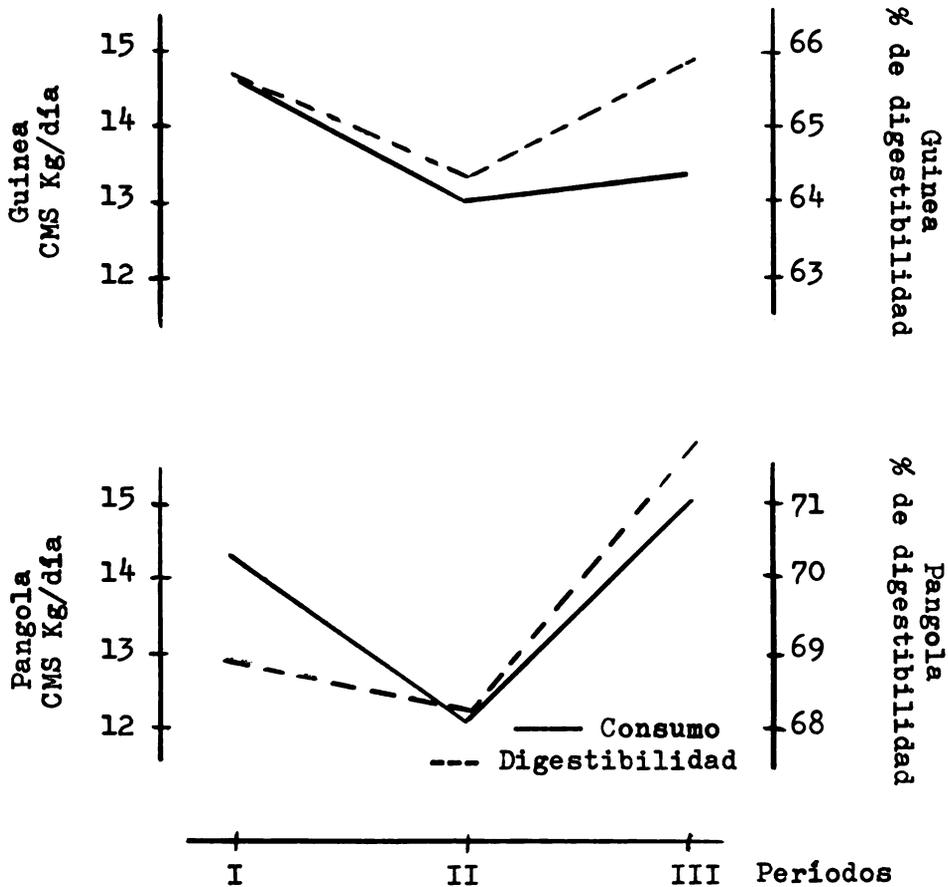
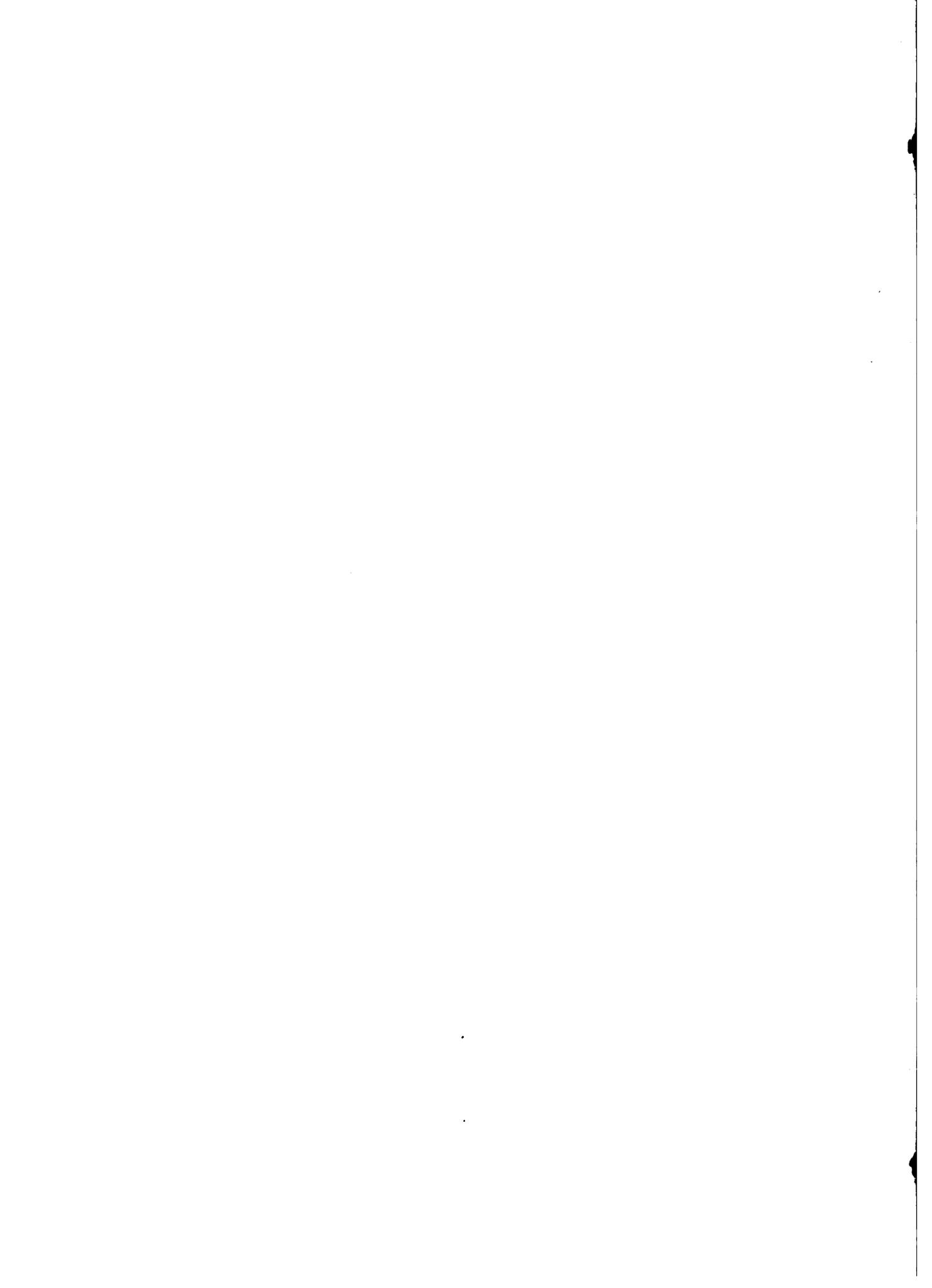


Figura 2. Consumo y digestibilidad de la MS de los pastos Pangola y Guinea en los diferentes períodos.



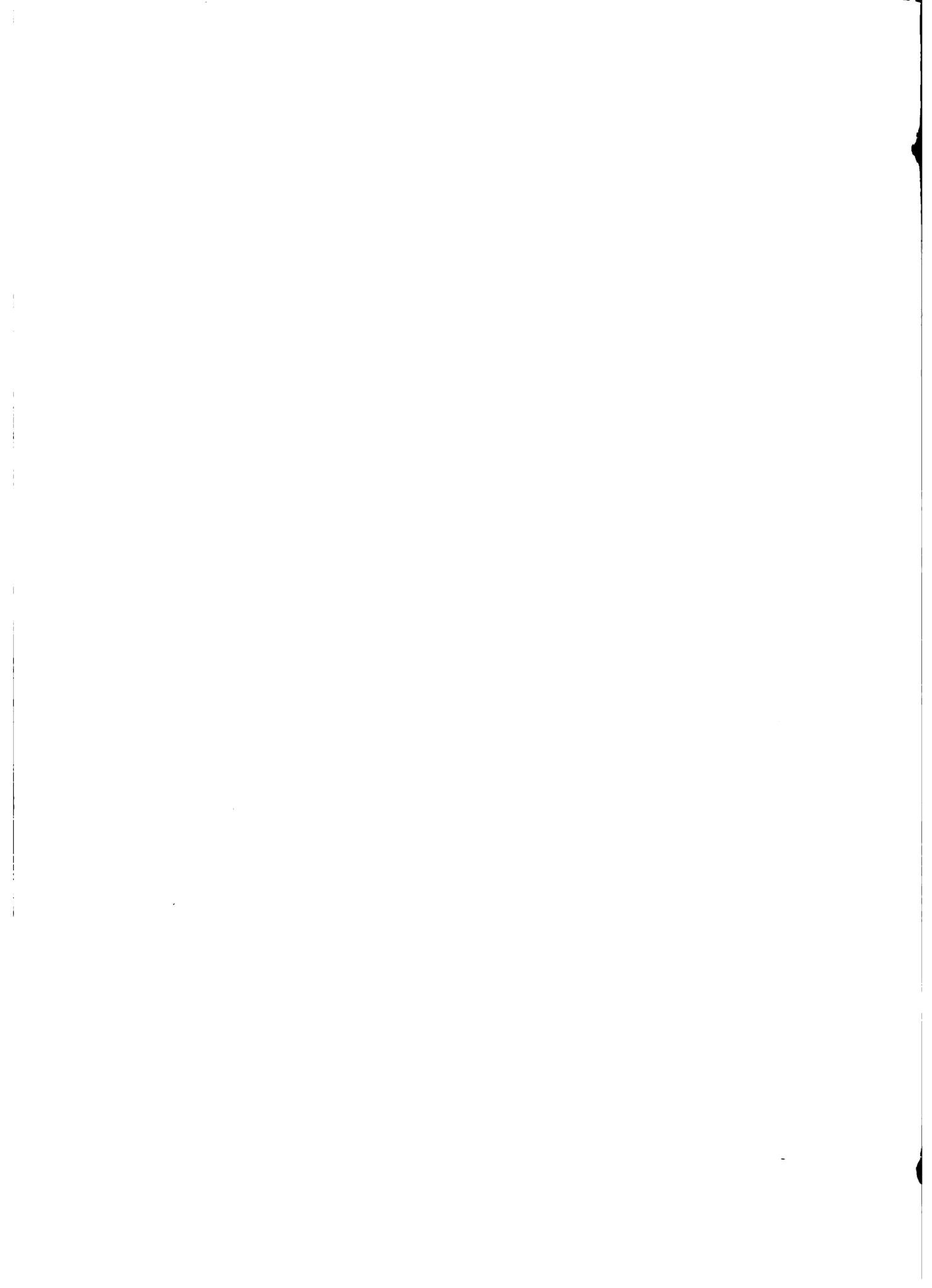
Cuadro 6. Consumo de MS, PC y ED, coeficientes de digestibilidad de la MS y concentración de PC y ED en la MS del pasto Pangola.

| Períodos | Por animal y por día | | | | % PC en MS | % ED en MS | % Dig. MS |
|----------|----------------------|---------|---------|-----------|------------|------------|-----------|
| | CMS % peso vivo | CMS, Kg | CPC, Kg | CED, Mcal | | | |
| I | 3,51 | 14,33 | 2,64 | 42,30 | 18,77 | 67,2 | 68,95 |
| II | 3,08 | 12,17 | 2,46 | 37,54 | 20,19 | 70,7 | 68,23 |
| III | 3,84 | 15,09 | 3,40 | 47,52 | 22,50 | 71,7 | 71,72 |

Cuadro 7. Consumo de MS, PC y ED, coeficientes de digestibilidad de la MS y concentración de PC y ED en la MS del pasto Guinea.

| Períodos | Por animal y por día | | | | % PC en MS | % ED en MS | % Dig. MS |
|----------|----------------------|---------|---------|-----------|------------|------------|-----------|
| | CMS % peso vivo | CMS, Kg | CPC, Kg | CED, Mcal | | | |
| I | 3,65 | 14,63 | 2,05 | 40,81 | 13,51 | 63,3 | 65,65 |
| II | 3,22 | 13,09 | 2,33 | 36,35 | 17,75 | 63,1 | 64,38 |
| III | 3,34 | 13,44 | 2,44 | 37,18 | 18,17 | 62,6 | 65,90 |

Este efecto fue producido posiblemente por numerosos factores entre los que se puede mencionar principalmente el valor nutritivo de los pastos que es sumamente cambiante con el clima y el manejo que se les da a las praderas (33); a su vez el valor nutritivo estaría condicionado por la composición química y la digestibilidad de los pastos. Por



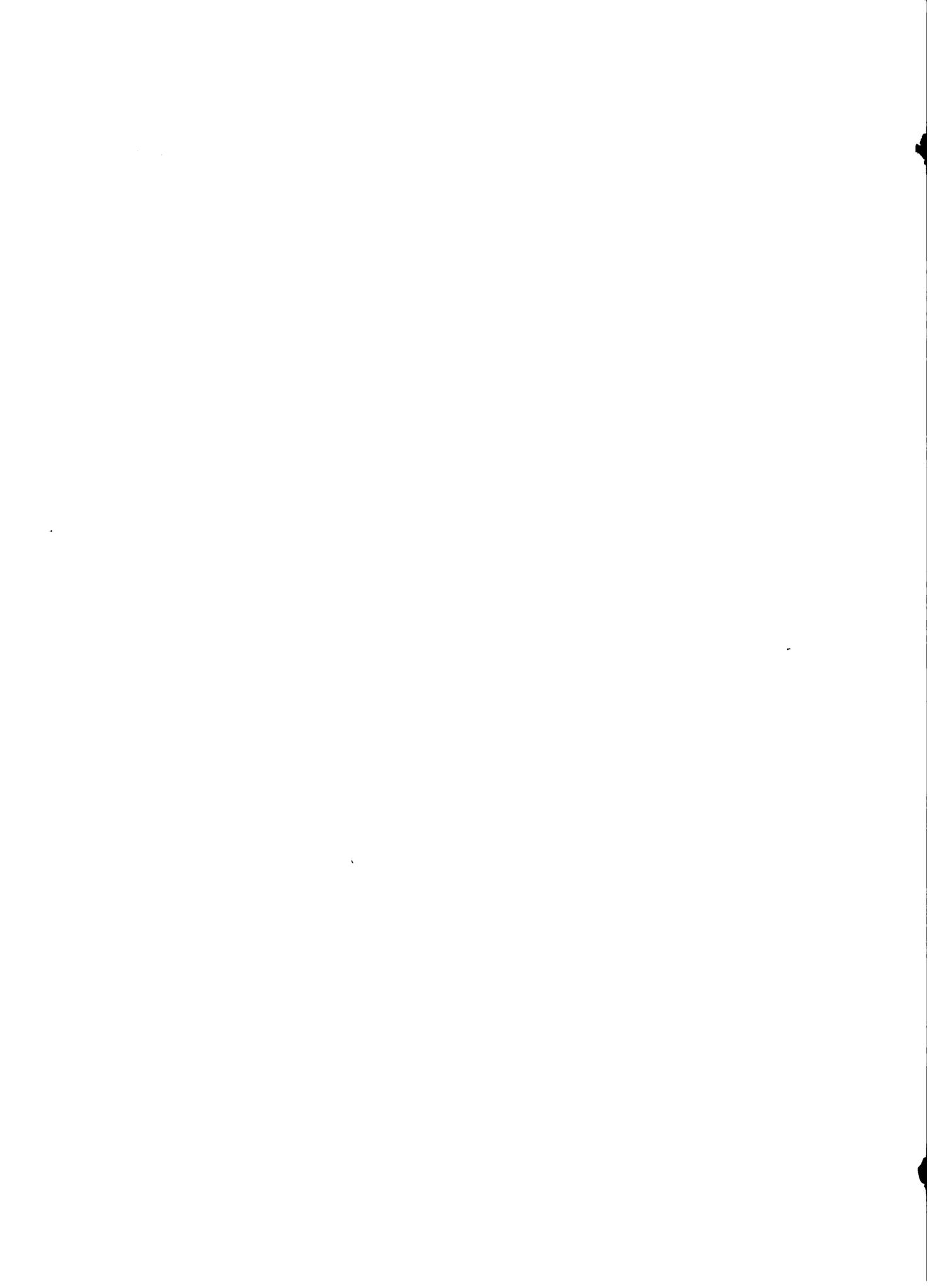
otra parte el medio ambiente (topografía, lluvia, temperatura, humedad) también está influenciando directamente el comportamiento animal (48).

La digestibilidad de los pastos, tiene una demostrada influencia sobre el consumo de forrajes (6, 9, 11). Como se puede ver en la Fig. 2 y los Cuadros 6 y 7, el consumo y la digestibilidad en ambos pastos presentaron la misma tendencia en los diferentes períodos, no obstante en el pasto Guinea la magnitud de estas variaciones fue menos marcada.

4.2. Consumo de proteína cruda

En general, en praderas de buena calidad el consumo de proteína no es factor limitante (50). Como se puede ver en los cuadros 6, 8 y 14 del apéndice, en el caso del presente trabajo, el pasto Pangola cubre los requerimientos, de proteína de los animales experimentales que tuvieron un promedio de 400 Kg de peso y 12,44 Kg de producción diaria de leche. En el pasto Guinea aún cuando el consumo de PC fue menor que en el Pangola, también se cubrieron los requerimientos mencionados (Cuadros 7, 8 y 15 del apéndice). Se utilizó como referencia las tablas del NRC.

Al igual que en el consumo de MS los efectos de los tratamientos sobre el consumo de PC no fueron significativos para ninguno de los pastos. Sin embargo, si pudo observarse una tendencia de los efectos del concentrado y de la estabulación a deprimir el consumo de PC. En contraste el efecto de períodos fue muy fuerte ($P < 0,01$) para Pangola y no fue significativo en el Guinea (Fig. 3, cuadros 4, 5, 6 y 7).



Cuadro 8. Consumo de PC y ED de los pastos Pangola y Guinea y los requerimientos según el NRC.

| | CMS Kg/día | CPC, Kg/día | CED, Mcal/día |
|----------------|------------|-------------|---------------|
| Pangola | 13,80 | 2,83 | 42,45 |
| Guinea | 13,78 | 2,27 | 38,11 |
| Requerimientos | | 1,69 | 39,28 |

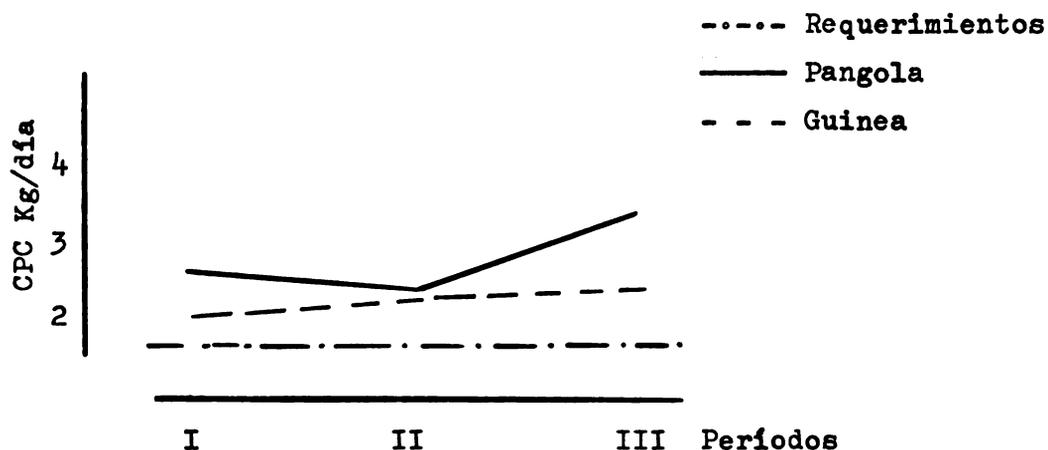


Figura 3. Consumo de PC de los pastos Pangola y Guinea en los diferentes periodos.

4.3. Consumo de energía digestible

El consumo de ED es posiblemente el factor más crítico en los bovinos en pastoreo. No obstante el Pangola cubre los requerimientos de los animales experimentales (400 Kg de peso y 12,44 Kg de producción diaria de leche) excepto en el periodo II que corresponde al mes de



Cuadro 9. Predicción del consumo de pasto Pangola.

| Variable de respuesta | Ecuaciones |
|-----------------------|--|
| CMS Kg/día | $\hat{Y} = 18.2691 - 0.7323 X_1 - 0.7963 X_2 + 0.2262 X_1^2 + 0.0437 X_2^2 - 0.0589 X_1 X_2$ |
| CPC Kg/día | $\hat{Y} = 3.7761 - 0.1443 X_1 - 0.1727 X_2 + 0.0452 X_1^2 + 0.0095 X_2^2 - 0.0119 X_1 X_2$ |
| CED Mcal/día | $\hat{Y} = 51.6729 - 0.7960 X_1 - 1.7044 X_2 + 0.6343 X_1^2 + 0.1067 X_2^2 - 0.3136 X_1 X_2$ |

Cuadro 10. Predicción del consumo de pasto Guinea.

| | |
|--------------|--|
| CMS Kg/día | $\hat{Y} = 20.5864 + 0.5055 X_1 - 1.6013 X_2 - 0.0299 X_1^2 + 0.1030 X_2^2 - 0.1109 X_1 X_2$ |
| CPC Kg/día | $\hat{Y} = 3.2287 + 0.0727 X_1 - 0.2240 X_1 - 0.0046 X_1^2 + 0.0151 X_2^2 - 0.0177 X_1 X_2$ |
| CED Mcal/día | $\hat{Y} = 63.6772 + 0.3076 X_1 - 5.5297 X_2 - 0.1332 X_1^2 + 0.3240 X_2^2 - 0.1737 X_1 X_2$ |

X_1 = Kg de concentrado administrado.

X_2 = horas de estabulación.



noviembre (Cuadros 6 y 8). El pasto Guinea estuvo muy cerca de cubrir los requerimientos; contrastando con el Pangola los efectos de periodos no fueron significativos (Cuadros 4, 5 y 8).

Los requerimientos de energía digestible que figuran en el cuadro 8 fueron tomados de las tablas del NRC para animales estabulados. Sin embargo se estimó un gasto extra de energía debida al pastoreo del 50% de los requerimientos de mantenimiento (29).

En el caso del consumo de energía los efectos de tratamientos no fueron significativos en ninguno de los pastos; pero sí hubo una tendencia depresora del concentrado y la estabulación sobre el consumo de ED. Por otra parte, al igual que sucedió con MS y PC el efecto de periodos fue significativo ($P < 0,01$) en el Pangola, mientras no se pudo confirmar dicho efecto en el Guinea, aunque las variaciones en ambos pastos siguieron la misma tendencia (Fig. 4, Cuadros 6 y 7).

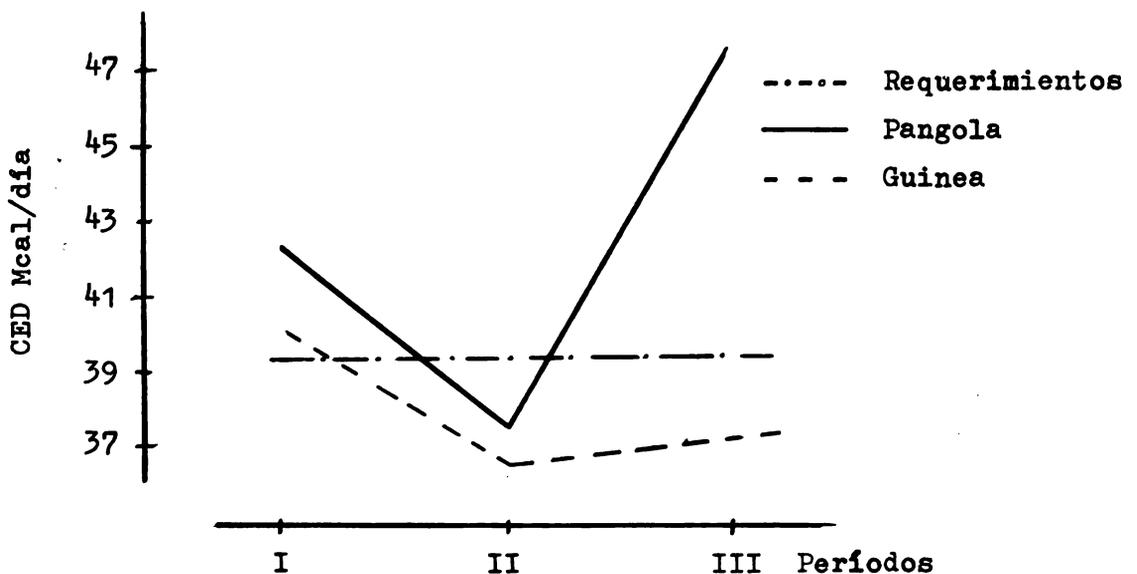
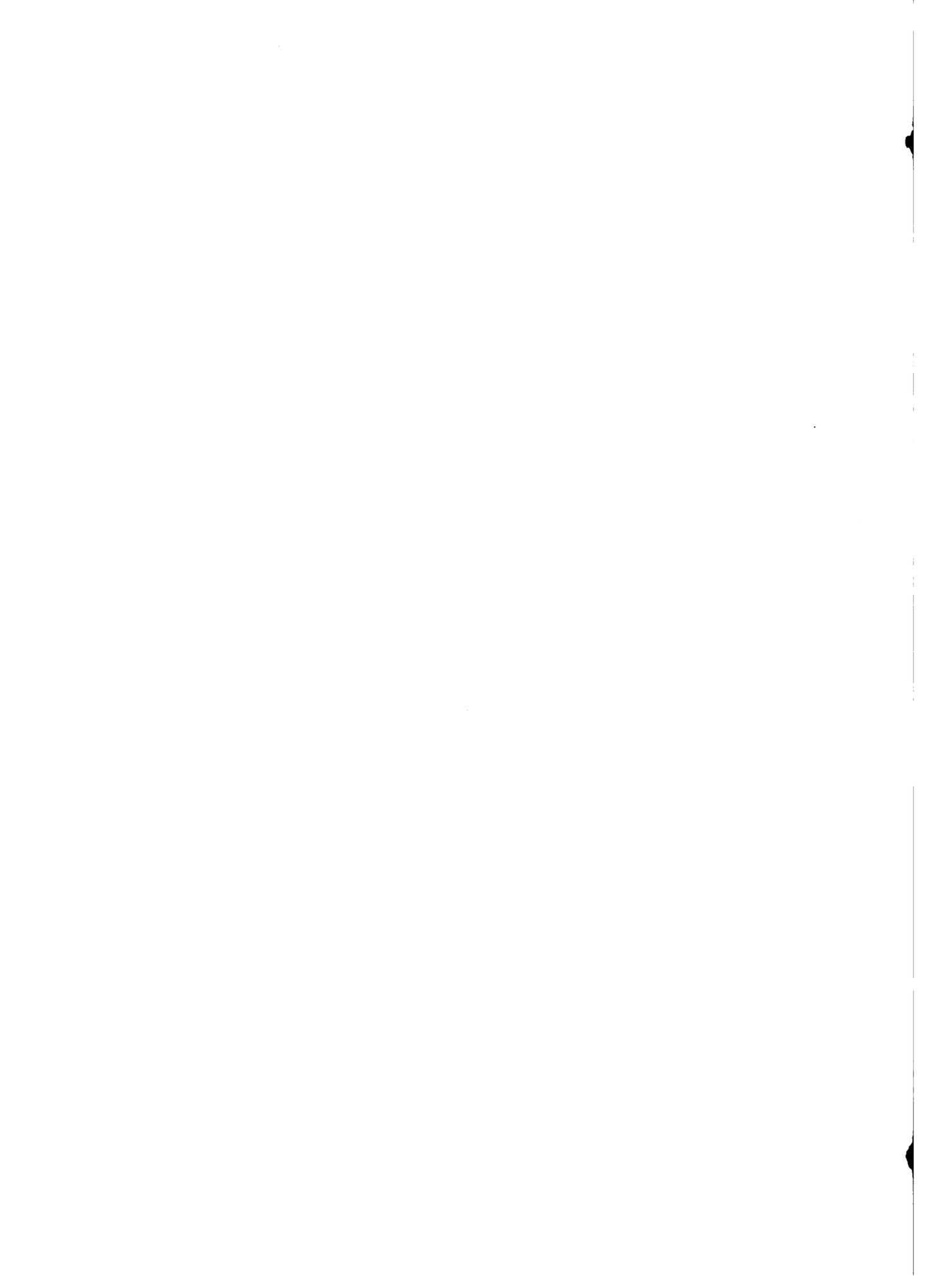


Figura 4. Consumo de ED de los pastos Pangola y Guinea en los diferentes periodos.



4.4. Tendencia de los efectos de los tratamientos

Como se puede ver en la Fig. 5, en el pasto Pangola el efecto del concentrado fue más intenso que el efecto de la estabulación. La Fig. 5 representa la ecuación del consumo de MS (codificada) expresada en su forma canónica por medio de una transformación ortogonal: $\hat{Y} - Y_0 = \lambda_1 X_1^2 + \lambda_2 X_2^2$; $\hat{Y} - 12,70 = 0,7544 X_1^2 + 0,2966 X_2^2$. λ_1 y λ_2 son las raíces características de la matriz

$$B = \begin{array}{cc|cc} 2 b_{11} & b_{12} & -0.2700 & -0.2933 \\ b_{12} & 2 b_{22} & -0.2933 & -1.3832 \end{array}$$

y expresan la importancia relativa sobre el consumo de MS del concentrado y la estabulación respectivamente. Y_0 es el valor del consumo en el punto estacionario, siendo este el punto donde se minimiza el consumo de MS. Cada elipse individualmente representa puntos de igual consumo.

En el Guinea se observa también que el efecto del concentrado fue más intenso que el de la estabulación (Fig. 6). La fórmula canónica que da origen a esta figura es la siguiente: $\hat{Y} - 14,90 = 0,9015 X_1^2 - 0,1691 X_2^2$. Se pueden hacer las mismas consideraciones que se hicieron en el caso del Pangola. Para el Guinea la matriz de coeficiente es:

$$B = \begin{array}{cc|cc} -1.8688 & -0.5525 & & \\ -0.5525 & -1.2990 & & \end{array}$$



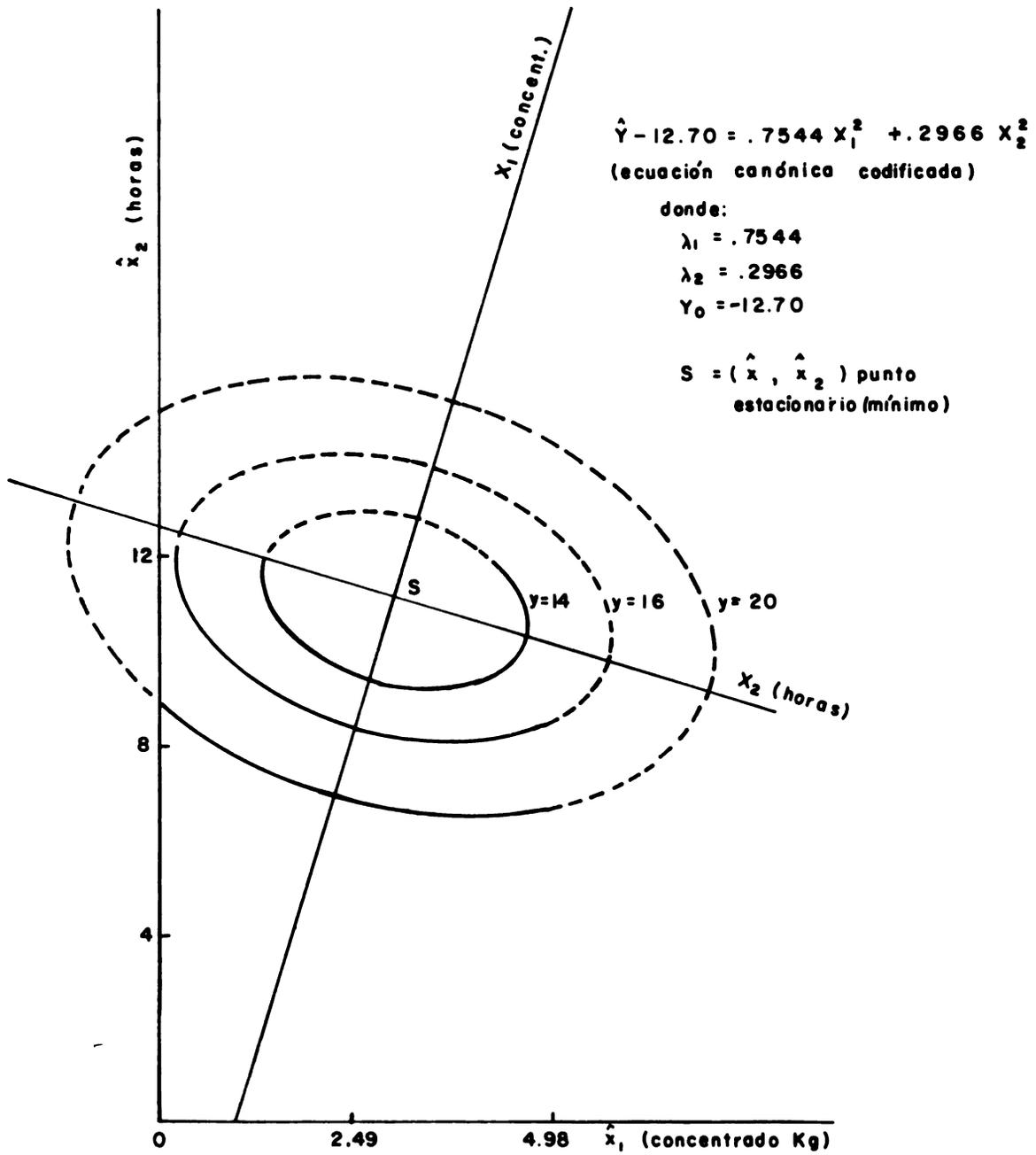


FIG. 5.- CURVAS DE ISOCONSUMO DE MATERIA SECA DEL PASTO PANGOLA.



$$\hat{Y} - 14.8962 = 0.9015 x_1^2 - 0.1691 x_2^2 \quad (\text{ecuación canónica codificada})$$

donde: $Y_0 = 14.8962$

$\hat{Y} = \text{CMS}$

$\lambda_1 = 0.9015$

$\lambda_2 = -0.1691$

$S = (\hat{x}_1, \hat{x}_2)$ punto estacionario

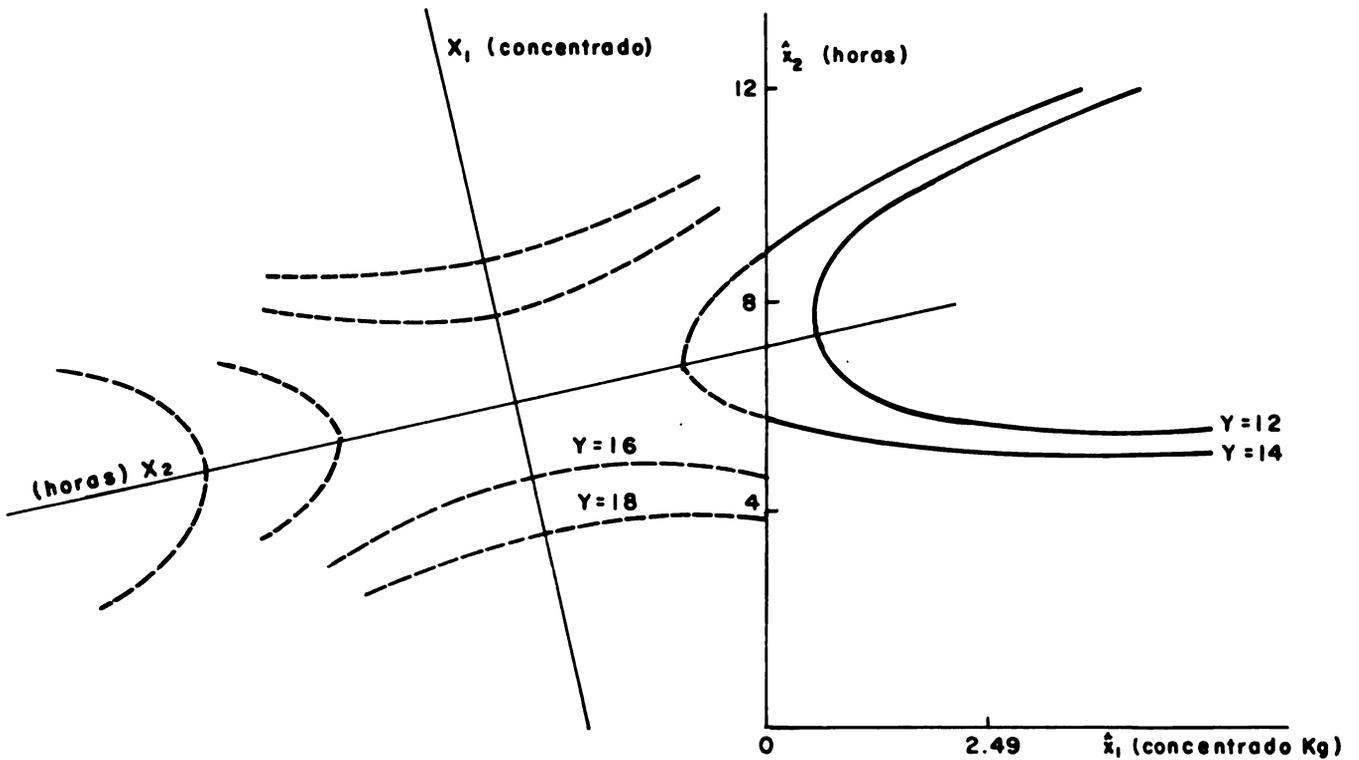


FIG. 6.- CURVAS DE ISOCONSUMO DE MATERIA SECA DEL PASTO GUINEA.



Cuadro 11. Correlaciones parciales entre las variables independientes y las variables de respuesta.

| | G u i n e a | | | P a n g o l a | | |
|-----------|-------------|-------|------|---------------|------|------|
| | CMS | CPC | CED | CMS | CPC | CED |
| X_1 | 0,62 | 0,73 | 0,65 | 0,14 | 0,10 | 0,10 |
| X_2 | 0,44 | 0,35 | 0,46 | 0,62 | 0,64 | 0,65 |
| X_1^2 | - | - | 0,01 | 0,57 | 0,57 | 0,52 |
| X_2^2 | 0,50 | 0,49 | 0,49 | 0,29 | 0,30 | 0,22 |
| $X_1 X_2$ | 0,26 | 0,29 | 0,14 | 0,22 | 0,20 | 0,33 |
| Total | 0,95* | 0,99* | 0,94 | 0,92 | 0,93 | 0,92 |

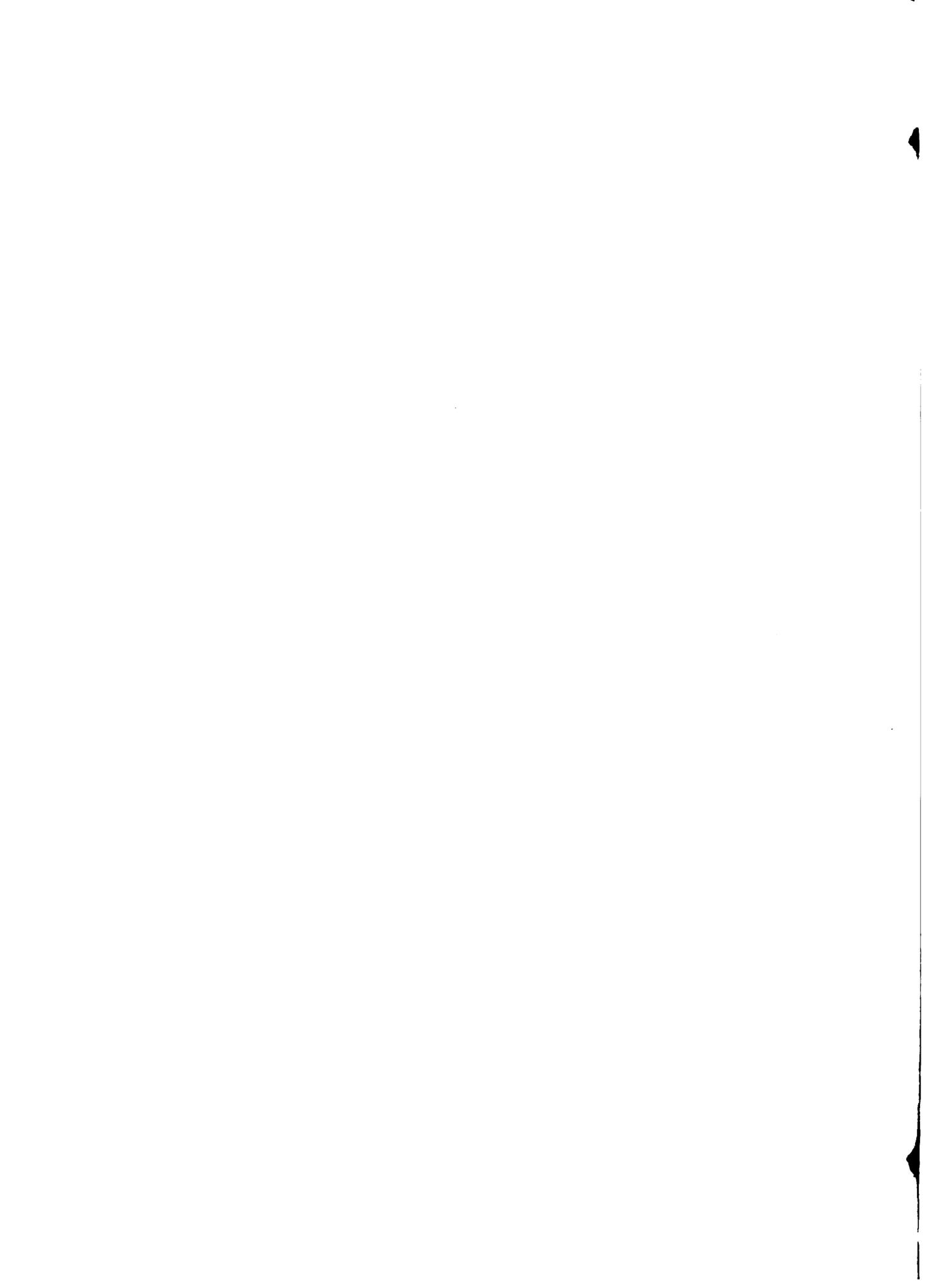
X_1 = concentrado

X_2 = horas de estabulación

Además de los efectos lineares y cuadráticos puros, tanto para el Pangola como para el Guinea se identifican efectos cuadráticos mixtos, que indican la posible existencia de una interacción entre la administración de concentrado y la estabulación. Como puede verse en los Cuadros 4, 5, 9 y 10 este efecto fue menos intenso que los efectos lineares cuadráticos puros.

4.5. Consumo máximo condicionado

Las ecuaciones de consumo para el pasto Guinea dan una superficie de respuesta en forma de "silla de montar", por lo tanto no presentan



máximos ni mínimos. A los efectos de encontrar una combinación de concentrado y estabulación que maximicen el consumo de pasto, se buscó un máximo condicionado, es decir fijando las horas de estabulación a un nivel practicamente razonable, buscar la cantidad de concentrado que proporciona el mayor consumo de pasto. Se escogió 4 horas de estabulación, por ser el tiempo mínimo que se requiere por día para el ordeño.

Reemplazando en la ecuación original se tiene:

$$\hat{Y} / X_2 = 4 = 15,82 + .0619 X_1 - .0299 X_1^2$$

derivando esta ecuación se obtiene la cantidad de concentrado que forma la combinación óptima que da el consumo máximo de pasto. Esta combinación está dada por 1,44 Kg de concentrado y 4 horas de estabulación (Fig. 7).

En el pasto Pangola se tienen mínimos que no interesan en el presente estudio.

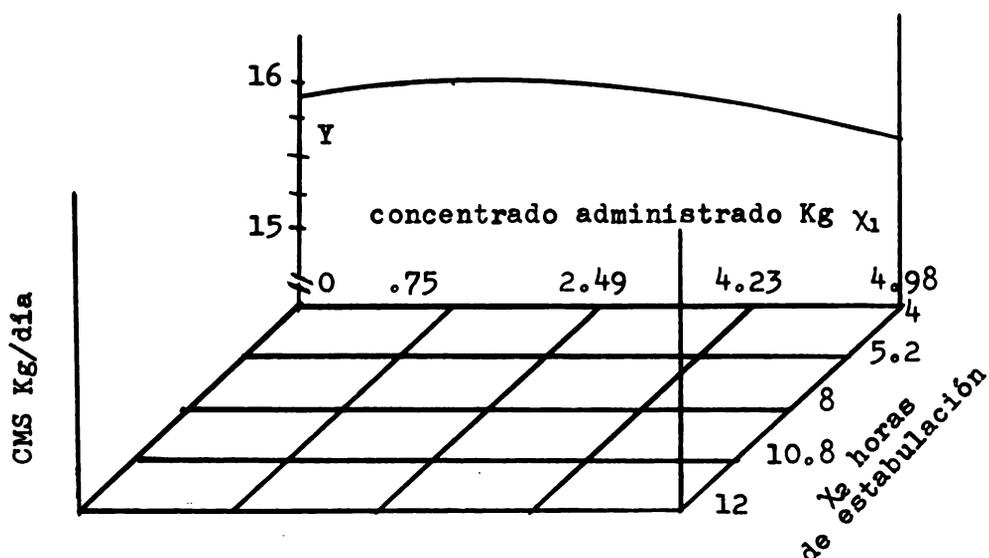


Figura 7. Curva del consumo de MS en pasto Guinea en función del concentrado administrado manteniendo constante la estabulación.



CONCLUSIONES

1. El consumo de MS fue similar en el pasto Pangola y en el Guinea pero la concentración de proteína, energía digestible y la digestibilidad de la MS fue mayor en el Pangola que en el Guinea.
2. Tanto en Pangola como en Guinea el consumo de proteína cruda superó los requerimientos de los animales experimentales, pudiendo cubrir producciones de hasta 12,44 Kg de leche diarios. ✓
3. El consumo de energía digestible en Pangola superó ligeramente los requerimientos de mantenimiento y producción de los animales experimentales, mientras que en Guinea el consumo fue algo inferior.
4. Tanto en Pangola como en Guinea se observó una tendencia depresora por parte del concentrado y la estabulación sobre el consumo de pasto, aunque los efectos de los mencionados factores no fueron significativos.
5. Se requiere replicar el experimento durante períodos adicionales para poder sacar conclusiones definitivas sobre las tendencias de los factores en estudio.



RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba, Costa Rica. Tuvo como objetivo cuantificar los efectos de la administración de concentrado y de la estabulación sobre el consumo de pasto. Se contó con 72 vacas lecheras de raza Jersey, Criollo-Jersey y Criollo que se pastorearon en praderas de Pangola (Digitaria decumbens) y Guinea (Panicum maximum), replicándose las pruebas en tres periodos sucesivos. Se utilizó un diseño rotable de compuesto central en el cual el rango de concentrado administrado fue de 0-6 Kg por cabeza/día y la estabulación fue de 4-12 horas/día. El consumo de pasto se estimó por el método óxido crómico-proteína indigestible, utilizando además tres bovinos en fistula al rumen, para la estimación cualitativa del forraje consumido.

El consumo de materia seca fue semejante tanto en animales pastoreados en Guinea como en Pangola siendo sus promedios de 3,41 y 3,47% de peso vivo por día respectivamente. Además ambos pastos cubrieron ampliamente los requerimientos de proteína para los animales experimentales cuyo promedio de peso fue de 400 Kg con una producción diaria de 12,44 Kg de leche. El Pangola cubrió los requerimientos de energía digestible para los mismos animales; el Guinea estuvo muy cerca de cubrir los requerimientos.

Las diferentes épocas en las cuales se replicó el experimento tuvieron un efecto altamente significativo para el Pangola ($P < 0,01$), no detectándose tales efectos en el Guinea.



Los efectos del concentrado y la estabulación sobre el consumo de pasto no fueron significativos no obstante se observó una clara tendencia depresora de ambos factores sobre la mencionada respuesta.



SUMMARY

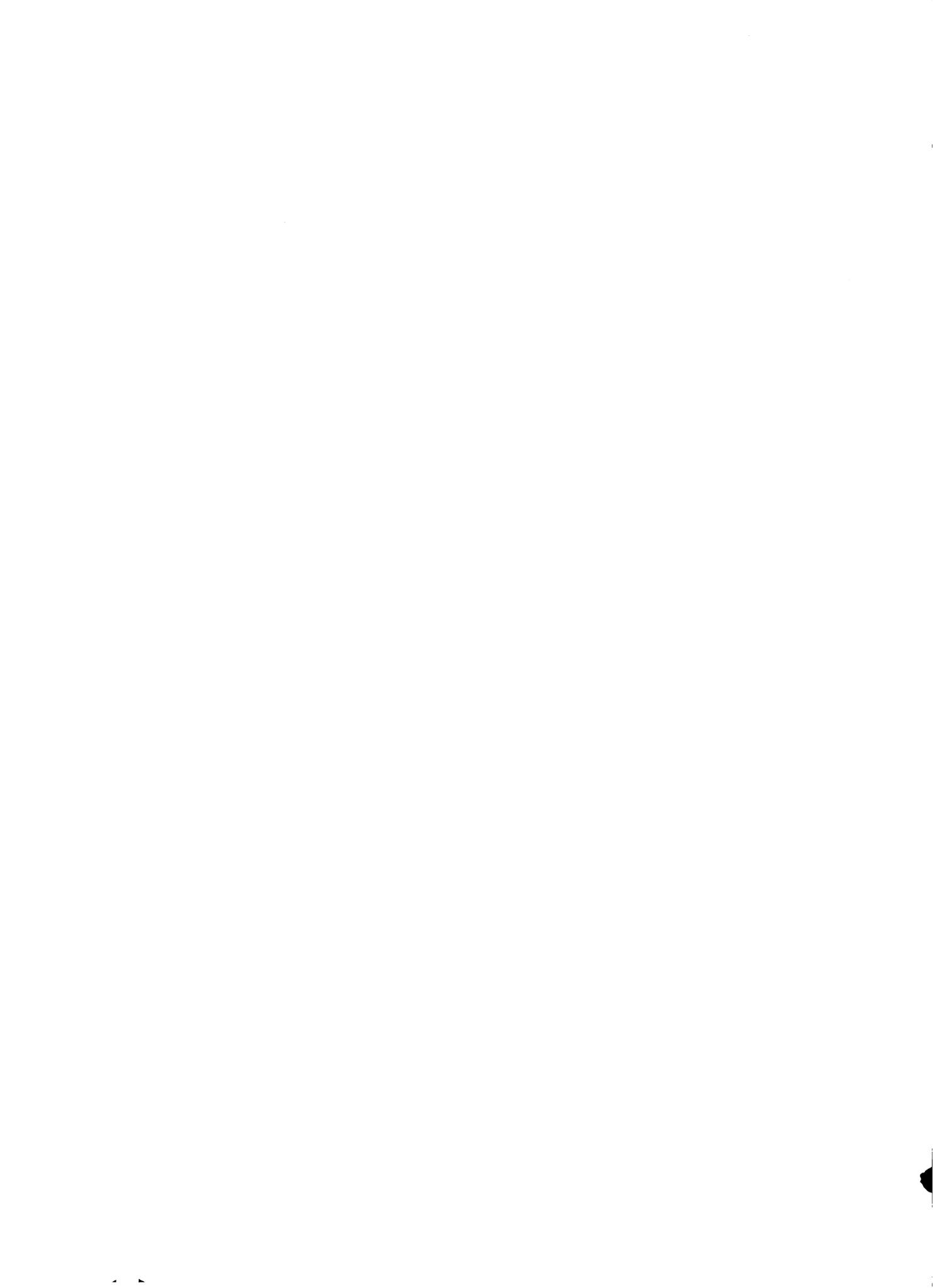
The present work was done at the Inter-American Institute of Agricultural Sciences, Turrialba, Costa Rica. The objectives were to quantify the effects of levels of concentrate feeding and time in stables on pasture consumption.

Seventy two dairy cows, representing Criollo, Jersey and Criollo X Jersey crosses, were used in three replicated periods while grazed on either Pangola (Digitaria decumbens) or Guinea grass (Panicum maximum).

A central composite design was used in which the range of concentrate administration was from 0 to 6 Kg per head per day and the time maintained in stables varied from 4 to 12 hours per day. Pasture consumption was estimated by a combination of cromic oxide and indigestible protein methods using fistulated animals.

Dry matter consumption was similar in animals grazed on Guinea grass or Pangola as indicated by respective averages of 3,41 and 3,47% of liveweight per day. Both pasture species provided sufficient protein requirements to maintain animals of 400 Kg liveweight and a daity production of 12,44 Kg of milk. The Pangola pasture provided ample digestable energy to cover the requirements of these animals whereas Guinea pastures was slightly below the energy requirements.

The different periods in which the replications were made were highly significantly different ($P < 0,01$) for animals grazing Pangola whereas no detectable difference was observed on Guinea grass.



The different levels of concentrate feeding and time stabled caused no significant changes in pasture consumption. However, a distinct tendency was observed suggesting that increasing either factor tended to decrease pasture consumption.



LITERATURA CITADA

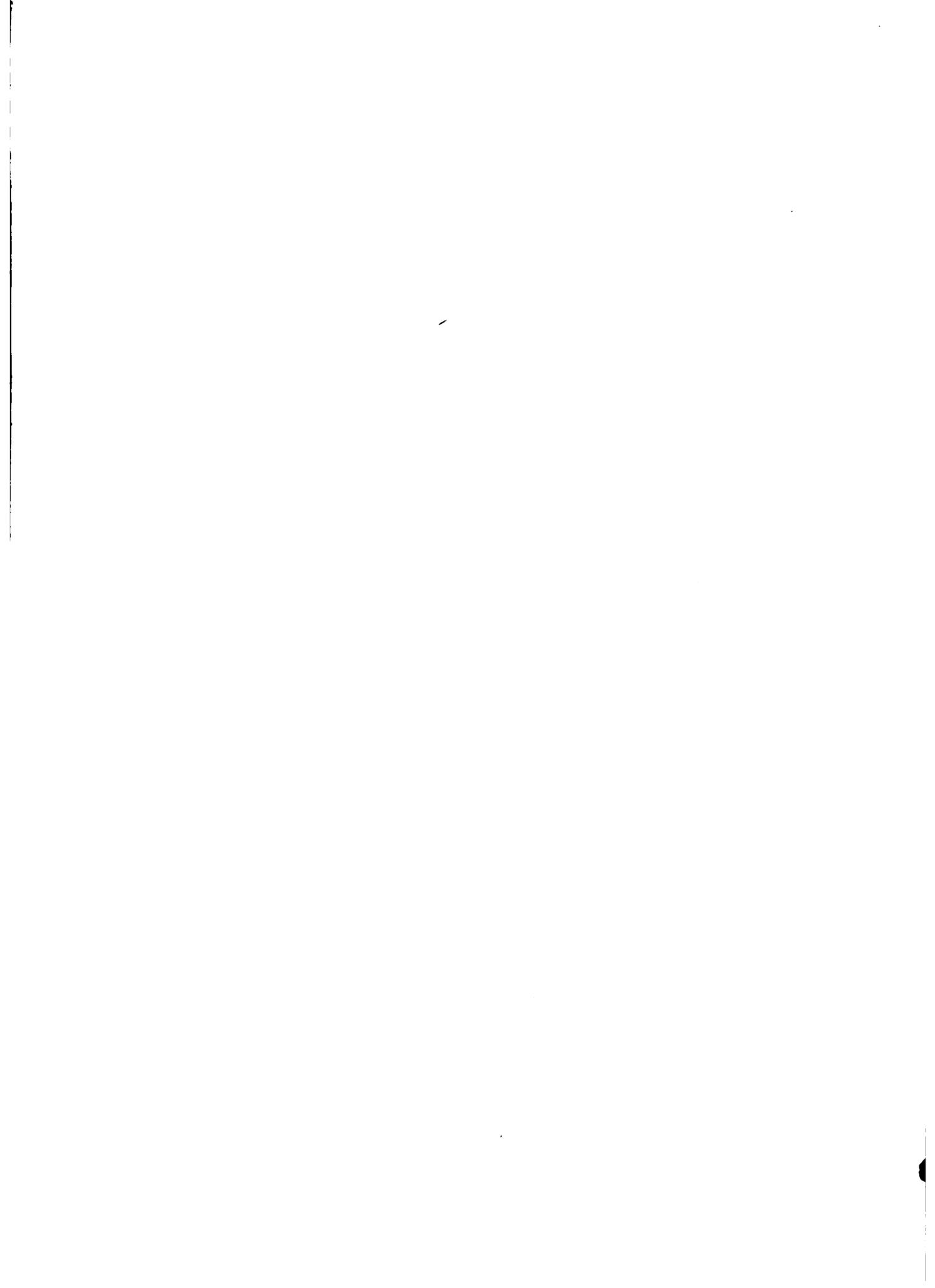
1. ALBA, J. DE. Capacidad de las praderas para llenar los requisitos de energía y proteína de herbívoros. Turrialba (Costa Rica) 9(3):85-90. 1959.
2. ANRIQUE, R. Consumo de pasto Guinea (Panicum maximum y Pangola (Digitaria decumbens) por bovinos en pastoreo directo a diferentes edades y pesos corporales. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1969. 54 p. (Mecanografiada)
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 determinar el valor nutritivo de los forrajes. Uruguay, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Zona Sur, 1967. pp. 61-100.
4. ASSOCIATION OF OFFICIAL CHEMISTS. Official methods analysis. 9th. ed. Washington, D. C., 1960. 832 p.
5. BALCH, C. C. y CAMPLING, R. C. Regulation of voluntary food intake in ruminants. Nutrition Abstracts and Reviews 32(3): 669-686. 1962.
6. _____ y CAMPLING, R. C. Rate of passage of digesta through the ruminants digestive tract. In Dougherty, R. W. et al. eds. Butterworths, 1965. 108 p.
7. BEAUDOUIN, J. Efectos de la melaza sobre el consumo de pasto en bovinos. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1968. 40 p. (Mecanografiada)
8. 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.
9. BLAXTER, K. L. Metabolismo energético de los rumiantes. Traducción de la ea. ed. inglesa por G. Gonzáles. Zaragoza, Acribia, s.f. 309 p.
10. _____, GRAHAM, Mc. C. y WHINMAN, F. N. Some observations on the digestibility of food by sheep, and on related problems. British Journal of Nutrition 10:69-90. 1956.



11. BLAXTER, K. L., WAIMAN, F. W. y WILSON, R. S. The regulation of food intake by sheep. *Animal Production* 3:51-61. 1961.
12. BOLTON, W. The efficiency of food utilization for egg production by pullets and yearling hens. *Journal of Agricultural Science* 52:364-368. 1959.
13. BRISSON, G. J. Indicators methods for estimating amounts of forage consumed by grazing animals. *In International Grassland Congress 8th.* University of Reading, 1960. England, Alden Press, 1960. pp. 435-438.
14. 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.
15. COCHRAN, W. G. Y COX, G. M. Diseños experimentales. Traducción de la 2a. ed. inglesa. México, D. F., Centro Regional de Ayuda Técnica, 1965. 661 p.
16. CONRAD, H. R., PRATT, A. D. y HIBBS, J. W. Regulation of feed intake in dairy cows. I. Change in importance of physical and physiological factors with increasing digestibility. *Journal of Dairy Science* 47:54-60. 1964.
17. _____. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: Physiological and physical factors limiting feed intake 25:227-235. 1966.
18. CRAMPTON, E. N. Applied animal nutrition. San Francisco, W. H. Freeman, 1956. 458 p.
19. _____, 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.
20. DUCKWORTH, J. The fodder grass consumption of tropical dairy cows. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 26:24-27. 1949.
21. HADAD, C. Estabulación permanente y pastoreo-estabulación en el crecimiento de terneras de razas lecheras. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1969. 41 p. (Mecanografiada)
22. HAFEZ, E. S. E. The behaviour of domestic animals. Baltimore Willams and Wilkins, 1962. 619 p.
23. HANCOCK, J. The conversion of pasture to milk. The effect of stocking rate and concentrate feeding. *Journal of Agricultural Science* 50:284-296. 1958.



24. HOLTER, A. J. y REID, T. J. Relationship between the concentrations of crude protein and apparently digestible protein forages. *Journal of Agricultural Science* 18:1339-1348. 1959.
25. ITURBIDE, A. C. El óxido crómico como indicador externo para estimar producción fecal y consumo en las pruebas de digestibilidad. *Turrialba (Costa Rica)* 17(3):304-313. 1967.
26. JULO, C. D., BREDON, R. M. y MARSHALL, B. The nutrition of zebú cattle. II. The techniques of digestibility trials with special reference to sampling, preservations and drying of faeces. *Journal of Agricultural Science* 56:93-98. 1961.
27. KENNEDY, G. C. The central nervous regulation of caloric balance. *Proceedings of the Nutrition Society* 20:58-64. 1961.
28. KESLER, E. M. y SPAHR, S. L. Physiological effects of highlevel concentrate feeding. *Journal of Dairy Science* 47:1122-1129. 1964. ✓
29. KLEIBER, M. *The fire of life*. New York, Wiley, 1961. 454 p.
30. LANCASTER, R. J. Measurement of feed intake by grazing cattle and sheep. III. Marker techniques for investigating the faeces output of grazing cows. *New Zealand Journal of Science and Technology A* 35:117-129. 1953.
31. LARSSON, S. In Dougherty, R. W., et al. eds. *Physiology of digestion in the ruminant*. Washington, D. C. Butterworths, 1965. p. 238..
32. LESPERANCE, A. L., BOHMAN, V. R. y MARBLE, D. W. Development of techniques for evaluating grazed. *Journal of Dairy Science* 43:682-689. 1960.
33. LOUIS, S. Estimación del consumo y digestibilidad de forrajes tropicales en pastoreo directo. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1967. 58 p.
34. MATHER, R. E. et al. High levels of grass silage for milk production with no grain medium and high grain feeding 1-Intake milke production and body weight changes. *Journal of Dairy Science* 43:358-365. 1960.
35. McMANUS, W. R. et al. Estimation of herbage intake from nitrogen, copper, magnesium and silian concentrations in faeces. *Journal of Agricultural Science* 69:263-268. 1967.



36. MEYER, J. The physiological basis of obesity and leaceness. Nutrition Abstracts and Reviews 25(3):I 597-611; II 871-883. 1955.
37. MCFORD, R. Nutritional values for 17 sub-tropical grasses. Australian Journal of Agricultural Research 11:138-148. 1960.
38. MONTGOMERY, M. J. y BAUMGARDT, B. R. Regulation of food intake in ruminants. 1-Pelleted rations varying in energy concentration. Journal of Dairy Science 48:569-576. 1965.
39. PALADINES, O. Empleo de animales en investigaciones sobre pasturas. Uruguay, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Zona Sur, 1966. 106 p.
40. PETERSON, D. W., GRAU, C. R. y PEEK, N. F. Growth and food consumption in relation to dietary levels of protein and fibrous bulk. Journal of Nutrition 52:241-257. 1954.
41. RAGSDALE, A. C. et al. Influence of temperature, 50° to 0° F and 50° to 95° F on milk production, feed and water consumption and body weight in Jersey and Holstein cows. Missouri Agricultural Experimental Station. Research Bulletin 449. 1949. p. 48.
42. _____. Milk production and feed and water consumption responses of Brahman, Jersey and Holstein cows to changes in temperature, 50° to 105° F and 50° to 8° F. Missouri Agricultural Experiment Station. Research Bulletin 460. 1950. p. 52.
43. _____, et al. Influence of increasing of temperature, 40° to 105° F on milk production in Brown Swiss cows, and on feed and water consumption and body weight in Brown Swiss and Brahman cows and heifers. Missouri Agricultural Experimental Station. Research Bulletin 471. 1951. p. 60.
44. REID, J. T. et al. A new indicator method for the determination of digestibility studies with dairy cattle. Journal of Dairy Science 33:60-71. 1950.
45. _____. El valor relativo de los resultados agronómicos y con animales en investigaciones sobre pasturas. In Paladines O. ed. Empleo de animales en las investigaciones sobre pasturas. Montevideo, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Zona Sur, 1966. pp. 31-72.
46. _____. Problems of feed evaluation related to feeding of dairy cows. Journal of Dairy Science 44:2122-2133. 1961.

47. REID, J. T. Some nutritional effects of varying concentrate roughage rations in relation to feed input-output by dairy cows. Cornell University. Memoir 344. 1956. p. 415.
48. 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.
49. SHEPPARD, A. J., BLASER, R. E. y KINCAID, C. M. The grazing habits of beef cattle on pasture. Journal of Animal Science 16:681-687. 1957.
50. TODD, J. R. Research on animal nutrition. Annual Report. East African Veterinary Research Organization, 1951. p. 22.
51. VAN SOEST, P. T. Symposium on factors influencing the voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. Journal of Animal Science 24:834-843. 1965.
52. WARDROP, I. D. y COOMBE, J. B. The development of rumen function in the lamb. Australian Journal of Agricultural Research 12:661-680. 1961.
53. WILSON, P. N. Animal husbandry investigations at I.C.T.A. with special reference to the management of cattle on Pangola pasture. Journal of Agricultural Society of Trinidad, Tobago 59:455-468. 1959.
54. _____ . Observations on the grazing behaviour of cross bred Zebu Holstein cattle managed on Pangola pasture in Trinidad. Turrialba (Costa Rica) 11(1):57-71. 1961.



A P E N D I C E

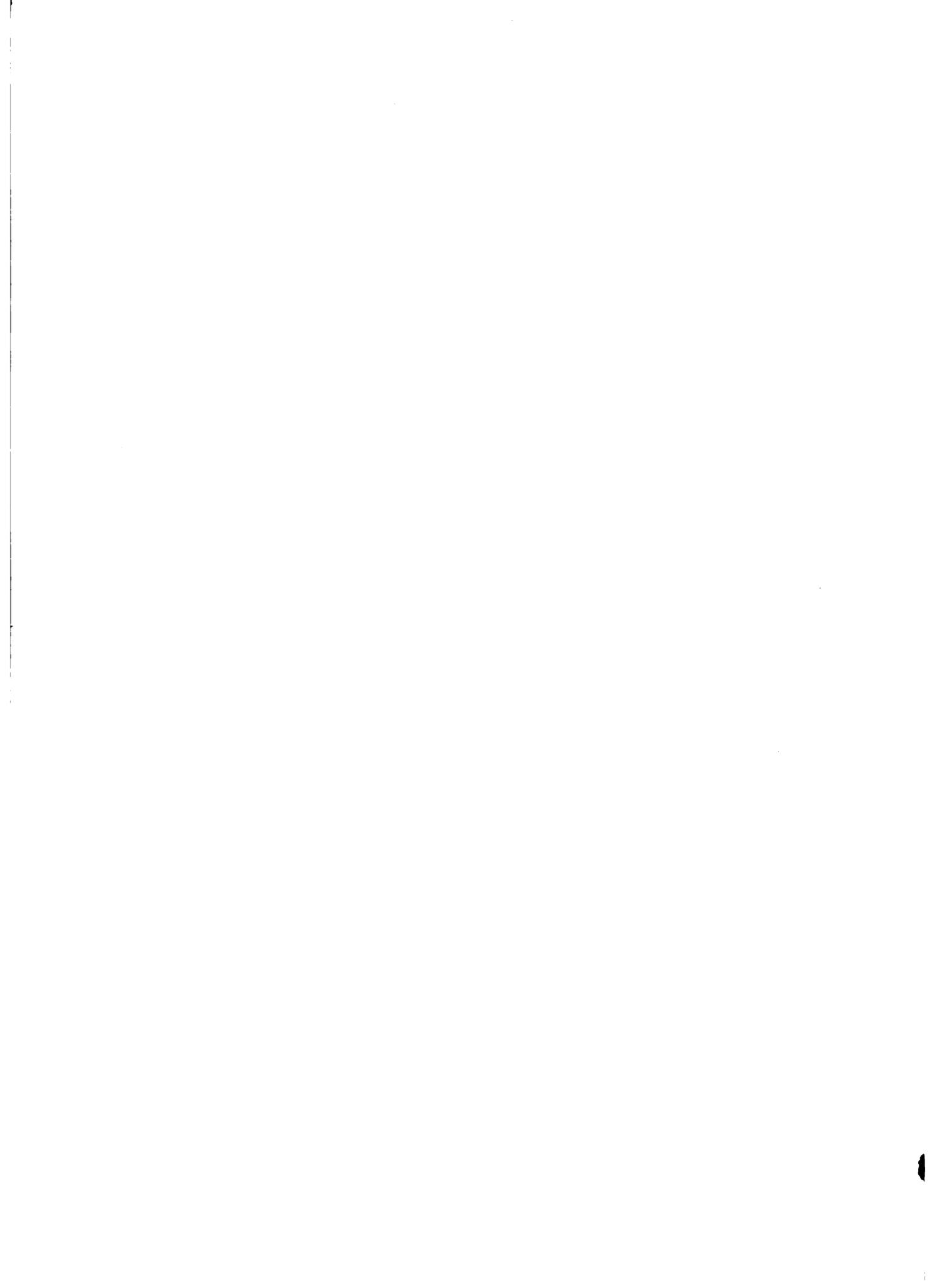


Cuadro 12. Consumo predecido y observado (entre paréntesis) de MS en pasto Pangola.

| Horas de estabulación | Kg de concentrado consumido | | | | |
|-----------------------|-----------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | 0 | 0,75 | 2,49 | 4,23 | 4,98 |
| 4 | 15,84 | 15,25 | 14,83 (15,52) | 15,81 | 16,83 |
| 5,2 | 15,37 | 14,74 (14,12) | 14,19 | 15,05 (14,67) | 15,41 |
| 8 | 14,74 (15,02) | 13,99 | 13,15 (13,16) | 13,72 | 13,95 (14,31) |
| 10,8 | 14,82 | 13,94 (14,01) | 12,81 | 13,08 (13,52) | 13,20 |
| 12 | 16,03 | 14,12 | 12,87 (12,40) | 13,15 | 13,50 |

Cuadro 13. Consumo predecido y observado (entre paréntesis) de MS en pasto Guinea.

| Horas de estabulación | Kg de concentrado consumido | | | | |
|-----------------------|-----------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | 0 | 0,75 | 2,49 | 4,23 | 4,98 |
| 4 | 15,06 | 15,00 | 14,71 (15,06) | 14,23 | 13,98 |
| 5,2 | 15,06 | 15,00 (15,31) | 14,71 | 14,23 (14,96) | 13,98 |
| 8 | 14,37 (14,41) | 14,07 | 13,23 (13,23) | 12,20 | 11,73 (11,32) |
| 10,8 | 15,33 | 14,80 (14,43) | 13,41 | 11,83 (11,78) | 11,12 |
| 12 | 16,20 | 15,59 | 13,96 (14,33) | 12,16 | 11,35 |



Cuadro 14. Consumo predecido y observado (entre paréntesis) de PC del pasto Pangola.

| Horas de estabulación | Kg de concentrado consumido | | | | |
|--------------------------|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 0 | 0,75 | 2,49 | 4,23 | 4,98 |
| 4 | | | 3,04 (3,15) | | |
| 5,2 | | 3,01 (2,90) | | 3,08 (3,02) | |
| 8 | 3,00 (3,05) | | 2,68 (2,68) | | 2,93 (2,90) |
| 10,8 | | 2,84 (2,88) | | 2,67 (2,77) | |
| 12 | | | 2,63 (2,54) | | |

Cuadro 15. Consumo predecido y observado (entre paréntesis) de PC del pasto Guinea.

| Horas de estabulación | Kg de concentrado consumido | | | | |
|--------------------------|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 0 | 0,75 | 2,49 | 4,23 | 4,98 |
| 4 | | | 2,55 (2,50) | | |
| 5,2 | | 2,46 (2,46) | | 2,31 (2,36) | |
| 8 | 2,42 (2,44) | | 2,20 (2,20) | | 1,94 (1,91) |
| 10,8 | | 2,48 (2,41) | | 1,98 (1,99) | |
| 12 | | | 2,33 (2,39) | | |

Cuadro 16. Consumo predecido y observado (entre paréntesis) de ED del pasto Pangola.

| Horas de estabulación | Kg de concentrado consumido | | | | |
|-----------------------|-----------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | 0 | 0,75 | 2,49 | 4,23 | 4,98 |
| 4 | | | 45,40 (47,49) | | |
| 5,2 | | 44,30 (42,42) | | 46,91 (45,15) | |
| 8 | 44,87 (46,08) | | 40,58 (40,57) | | 44,15 (45,18) |
| 10,8 | | 43,02 (42,50) | | 39,38 (38,99) | |
| 12 | | | 39,17 (39,32) | | |

Cuadro 17. Consumo predecido y observado (entre paréntesis) de ED del pasto Guinea.

| Horas de estabulación | Kg de concentrado consumido | | | | |
|-----------------------|-----------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | 0 | 0,75 | 2,49 | 4,23 | 4,98 |
| 4 | | | 44,96 (42,24) | | |
| 5,2 | | 43,25 (45,48) | | 38,84 (40,76) | |
| 8 | 40,18 (39,94) | | 36,66 (36,66) | | 31,49 (30,68) |
| 10,8 | | 40,57 (38,99) | | 32,70 (32,23) | |
| 12 | | | 38,73 (40,40) | | |

1944

1945

1946

1947

1948

1949

1950

