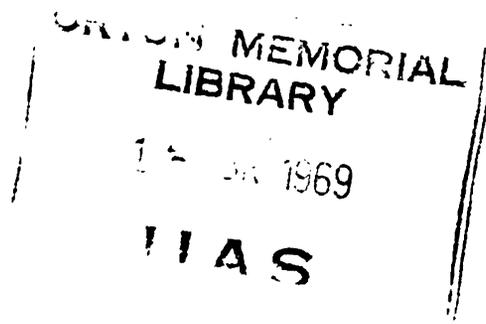


**CONSUMO DE PASTO GUINEA (*Panicum maximum*) Y PANGOLA (*Digitaria
decumbens*) POR BOVINOS EN PASTOREO DIRECTO A
DIFERENTES EDADES Y PESOS CORPORALES**



Tesis de Grado de Magister Scientiae

✓
René Anrique Gimpel

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

CONSUMO DE PASTO GUINEA (Panicum maximum) Y PANGOLA (Digitaria
decumbens) POR BOVINOS EN PASTOREO DIRECTO A
DIFERENTES EDADES Y PESOS CORPORALES

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

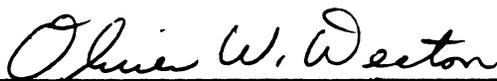
Permiso para su publicación, reproducción total o parcial,
debe ser obtenido en dicho Instituto

APROBADA:



Karel Vohnout, Ph.D.

Consejero



Oliver Deaton, Ph.D.

Comité



Arturo Sánchez Durón, M. S.

Comité



Elemer Bornemisza, Ph.D.

Comité

Marzo, 1969

Del libro con los
documentos de la familia
del Sr. J. J. 1967


A mis queridos padres
y hermanos

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mis sinceros agradecimientos:

Al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, por haberme otorgado, a través de la Zona Sur, la beca para la realización de mis estudios de postgrado.

Al Dr. Karel Vohnout, consejero principal, por la acertada guía, oportunos consejos y entusiasmo prestado en el planeamiento y desarrollo del presente estudio.

Al Dr. Gilberto Páez por su amplia, eficiente y desinteresada ayuda en el análisis e interpretación de los resultados.

Al Dr. Oliver Deaton, por sus acertados consejos.

Al Dr. Elemer Bornemisza e Ingeniero Arturo Sánchez Durón por su interés y cooperación en el desarrollo de la presente tesis.

A los ayudantes de laboratorio y personal de la finca por la ayuda y amistad brindada.

A mis compañeros de estudio.

BIOGRAFIA

El autor nació en Río Negro, provincia de Osorno, Chile, el 5 de abril de 1943. Realizó sus estudios primarios y parte de sus estudios secundarios en el Liceo San Agustín de Santiago. Finalizó sus estudios secundarios en el Liceo Arturo Alessandri Palma de Santiago. Recibió su título de Bachiller en Biología en 1962 ingresando el mismo año a la Facultad de Agronomía de la Universidad de Chile, donde su graduó de Ingeniero Agrónomo en 1967.

En enero de 1968 ingresó como estudiante graduado al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, en Turrialba, Costa Rica, para realizar estudios de postgrado en la disciplina de Zootecnia, egresando en marzo de 1969.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
Lista de cuadros	viii
Abreviaturas del texto	x
INTRODUCCION	1
REVISION DE LITERATURA	3
1. Factores que afectan el consumo de alimentos	3
1.1. Papel del sistema nervioso	3
1.2. Regulación química	3
1.3. La temperatura ambiente	3
1.4. El contenido del tracto digestivo	4
1.4.1. El retículo rumen	4
1.4.2. La digestibilidad de los forrajes y la velocidad de paso por el tracto digestivo	5
2. Consumo de forrajes en pastoreo	6
2.1. La palatabilidad del alimento	6
2.2. El peso de los animales	7
3. Métodos para medir el consumo de forrajes en pasto reo	8
3.1. Medición de la producción fecal	9
3.2. Determinación de la digestibilidad	10
3.2.1. Índices fecales	10
3.2.2. Técnicas in vitro	10
3.2.3. Técnicas de relación	11
MATERIALES Y METODOS	13
1. Localización	13
2. Animales	13
3. Determinación del consumo y digestibilidad del pasto	14
3.1. Producción fecal	14
3.2. Muestreo de ingestas	15
3.3. Análisis proximales y calorimétricos	16
4. Diseño y análisis del experimento	16
RESULTADOS Y DISCUSION	19
1. Consumo de pasto	19
1.1. Consumo de materia seca	19
1.2. Consumo de energía	24
1.3. Consumo de proteína	27

	<u>Página</u>
2. Predicción del consumo de pasto	29
2.1. Valor predictivo de las ecuaciones de regresión ..	29
2.2. Relaciones entre las variables	34
CONCLUSIONES	38
RESUMEN	39
SUMMARY	41
LITERATURA CITADA	43
APENDICE	48

LISTA DE CUADROS

Cuadro (Texto)	<u>Página</u>
1 Predicción de la proteína digestible a partir de la proteína cruda del forraje	12
2 Distribución de los animales por períodos y por pasto	17
3 Análisis de variancia para el consumo de MS de Pangola y Guinea. Modelo logarítmico	21
4 Análisis de variancia para el consumo de energía digestible en Pangola y Guinea. Modelo logarítmico	26
5 Análisis de variancia para el consumo de PC en Pangola y Guinea. Modelo logarítmico	27
6 Predicción del consumo de pasto Pangola. Modelo logarítmico (Cobb-Douglas)	29
7 Predicción del consumo de pasto Pangola. Modelo polinomial de segundo grado	30
8 Predicción del consumo de pasto Pangola. Modelo polinomial de segundo grado con la variable transformada	30
9 Matriz de correlaciones simples entre la edad (X_1), peso (X_2) y consumo de ED (Y_1), PC (Y_2), MS (Y_3) y NDT (Y_4) en Pangola. Función logarítmica.	34
10 Matriz de correlaciones simples entre la edad (X_1), peso (X_2) y consumo de ED (Y_1), PC (Y_2), MS (Y_3) y NDT (Y_4) en Guinea. Función logarítmica .	35
11 Correlaciones parciales entre edad (X_1), peso (X_2) y el consumo de MS (Y) en Pangola y Guinea .	35
12 Correlaciones múltiples entre edad y peso (X_1 , X_2) con el consumo de ED (Y_1), PC (Y_2), MS (Y_3) y NDT (Y_4) en Pangola y Guinea	36

Cuadro (Apéndice)	<u>Página</u>
1 Digestibilidad de la MS, PC y NDT	49
2 Consumo de materia seca. Datos en Kg/día	50
3 Consumo de energía digestible. Datos en Kg/día ..	51
4 Consumo de NDT. Datos en Kg/día	52
5 Consumo de proteína. Datos en Kg/día	53
6 Valores de R^2 de las ecuaciones para el consumo de MS en cada período	54

Abreviaturas del texto

- MV : Materia verde
- MS : Materia seca
- MO : Materia orgánica
- ED : Energía Digestible
- NDT : Nutrientes Digestibles Totales
- CMV : Consumo de MV
- CMS : Consumo de MS
- CPC : Consumo de PC
- CED : Consumo de ED
- CNDT : Consumo de NDT
- D : Digestibilidad
- GL : Grados de libertad
- CM : Cuadrado medio
- NRC : Consejo Nacional de Investigaciones de los Estados Unidos

INTRODUCCION

La estimación del consumo de forrajes ya sea como Materia Seca, Proteína Cruda, Proteína Digestible, Materia Orgánica Digestible o Nutrimientos Digestibles Totales, como base para el planeamiento de programas de alimentación, ha sido motivo de muchas investigaciones, sin embargo la información disponible está casi limitada a condiciones de confinamiento en corral. Los animales en pastoreo libre tienen un comportamiento diferente a los animales encorralados, seleccionando su dieta y presentando un mayor desgaste energético. Por consiguiente los resultados obtenidos en estabulación no reflejan la situación en el campo. Además, bajo condiciones de libertad son también de importancia las condiciones ambientales, especialmente la temperatura y humedad así como la naturaleza física y química del forraje.

La necesidad de cuantificar el consumo de forrajes en ruminantes y los factores que lo afectan bajo condiciones de pastoreo, queda de manifiesto cuando se persigue obtener la máxima producción de un animal de acuerdo con su capacidad genética. Para lograr este propósito se hace necesaria la medición del aporte nutritivo que el pasto puede hacer a los animales. Si dicho aporte es insuficiente para lograr la máxima producción a nivel de cada animal, con la información encontrada se puede programar la suplementación de los mismos con alimentos concentrados.

Sólo en la última década se han logrado refinar las técnicas de medición indirecta del consumo en pastoreo libre con porcentajes de error que puedan hacer confiables los resultados experimentales. A la fecha presente, especialmente en las áreas tropicales, no se

dispone de suficiente información sobre el valor nutritivo de los pastos.

El presente estudio está encauzado hacia la determinación del consumo de forrajes en pastoreo directo en función de la edad y el peso de los animales, en dos especies de pasto ampliamente difundidas en el trópico; el pasto Pangola y el pasto Guinea. Se pretende así tener bases más concretas para efectuar el balance de raciones para bovinos en pastoreo directo, a diferentes edades y diferentes pesos.

Objetivos

1. Evaluar el efecto de la edad y el peso de los animales sobre el consumo de forrajes en pastoreo directo.
2. Estimar y comparar ecuaciones de predicción que expresen el consumo de pasto en Materia Seca, Proteína Cruda, Energía Digestible y Nutrientes Digestibles Totales, en función del peso vivo y la edad de los animales.

REVISION DE LITERATURA

1. Factores que afectan al consumo de alimentos

1.1. Papel del sistema nervioso

Los animales en su ambiente natural no tienden a comer sobre sus necesidades. La evidencia sugiere que existe una influencia del sistema nervioso sobre el consumo de alimentos, como respuestas a re flejos condicionados y una integración con el sistema nervioso central donde tiene participación preponderante el hipotálamo (5, 16).

1.2. Regulación química

Trabajos experimentales realizados con monogástricos demuestran que existe un mecanismo glucestático de regulación del consumo de alimentos (35). Este control se realiza mediante la acción de gluco receptores sensitivos al nivel de glucosa de la sangre, localizados en el hipotálamo o en el sistema gastrointestinal (5, 16).

En ruminantes no está demostrado claramente el efecto de los con troladores químicos, a pesar de que se ha logrado disminuir el consu mo de alimentos por inyecciones de ácidos grasos volátiles (20). Sin embargo estos resultados han sido criticados por Balch y Campling (5) puesto que el consumo de alimentos está directamente relacionado con el aumento del nivel de ácidos grasos volátiles en la sangre, situación que no afecta el consumo.

1.3. La temperatura ambiente

Al calentar ciertas áreas del hipotálamo de cabras se observó

una detención del consumo de alimentos y al enfriarlas el consumo mostró un incremento. Sin embargo, la interpretación de estos resultados como una evidencia clara de un mecanismo termostático de control del consumo se ha visto impedida por la dificultad de medir cambios pequeños de temperatura en el hipotálamo (5).

Si bien el rol del área termosensitiva del cerebro no está bien esclarecido, el consumo de energía disminuye gradualmente con el incremento de la temperatura ambiente sobre la temperatura "crítica". La temperatura crítica no es un valor constante, y es afectada por el efecto calorífico de los alimentos, habiendo además diferencias entre y dentro de razas y entre especies (7, 33). Entre los bóvinos, las razas cebuinas son las menos afectadas por el calor (15, 16). Los consumos de energía comienzan a declinar entre los 32 y 35°C en los cebúes, comparado con el rango de 24 a 27°C observado en las razas europeas (15, 41).

1.4. El contenido del tracto digestivo ←

1.4.1. El retículo-rumen

La capacidad del sistema digestivo constituye una barrera anatómica que limita el consumo de alimentos encontrándose una correlación significativa ($r = .63$) entre el consumo voluntario de alimentos y el peso del retículo rumen vacío (5, 16). Se ha comprobado experimentalmente que el consumo voluntario está directamente relacionado con la cantidad de ingesta en el retículo rumen (5, 11). La gordura y la preñez pueden limitar el espacio disponible para la dig

tención del rumen. Al investigar el efecto de la preñez tanto en ovejas (44) como bovinos (37), se detectó una disminución en el consumo voluntario de forrajes durante las últimas semanas de la gestación. En las ovejas este efecto fue mayor cuando parieron mellizos.

1.4.2. La digestibilidad de los forrajes y la velocidad de paso por el tracto digestivo

Ha sido comprobado que el consumo de forrajes toscos como la paja de avena puede ser dos veces menor que el de henos de buena calidad, lo que es indicativo de que el consumo voluntario de forrajes toscos no está limitado solamente por la capacidad física del rumen, sino también por el ritmo de paso de las ingestas a través del tracto digestivo (12). Agregando infusiones de úrea en el rumen, Campling (13) encontró que el consumo de forrajes toscos aumentó en un 39%, debido probablemente a una mayor actividad de la flora microbiana y al consiguiente aumento de la digestibilidad y ritmo de desaparición de los residuos. La relación entre consumo voluntario y calidad de los forrajes ha sido demostrada por diversos investigadores siendo ésta una relación curvilínea (8, 9, 24, 25).

La composición química y la digestibilidad del forraje están relacionadas con el consumo en rumiantes. Sin embargo de los constituentes proximales, los únicos efectos consistentes que se han podido establecer han sido el de la fracción fibrosa total y el de los constituyentes de las paredes celulares (47). Se ha demostrado que los animales jóvenes tienen mayor sensibilidad a los cambios de la composición química de las dietas (3, 27). Sin embargo la composición

química no parece tener mucha importancia en el control del consumo a excepción de animales de corta edad (24). Con relación a la digestibilidad, se ha encontrado que en forrajes tiernos la digestibilidad y el consumo aparentemente no están relacionados, sin embargo sí hay correlación entre estas variables en los forrajes con alto contenido de constituyentes de las paredes celulares. En general la composición química está más relacionada con la digestibilidad que con el consumo (47).

2. Consumo de forrajes en pastoreo

2.1. La palatabilidad del alimento

Los valores de consumo de animales en pastoreo son altamente dependientes de la especie de pasto (34, 39), lo que en general es atribuido por los ganaderos a diferencias en palatabilidad. Se ha demostrado que los animales efectúan un balance entre los estímulos favorables y desfavorables provocados por una especie con los de la otra (2). En este balance intervienen los cinco sentidos aunque poco se sabe respecto a ellos. Los ruminantes han demostrado ser ciegos a los colores (5), mas presentan respuestas olfatorias frente a un rango amplio de sustancias presentes en los pastos que incluyen aceites esenciales, ácidos orgánicos, ácidos aminados, aldehidos, cetonas y alcoholes. Así, junto con el gusto y el tacto, el olfato está asociado con el pastoreo selectivo (2). La palatabilidad ha demostrado tener cierta importancia cuando hay oportunidad de elección entre varios forrajes, pero pierde su importancia en praderas de una

sola especie sin oportunidad de elección. El gusto, el tacto y otros sentidos juegan un papel importante en la percepción e investigación del alimento mas que en la cantidad consumida (16).

2.2. El peso de los animales

Las investigaciones realizadas con animales en pastoreo indican que el consumo voluntario de materia seca se hace mayor a medida que el peso corporal se incrementa (9, 23, 26, 27), siendo ésta una relación logarítmica (9, 24, 26). Se ha encontrado que .73 es el exponente más apropiado para relacionar el peso vivo con el metabolismo basal (10, 33), por lo que al peso elevado a la potencia .73 se le ha llamado también "tamaño metabólico". También se ha sugerido que para animales en crecimiento, después de la pubertad la relación podría estar mejor expresada por el exponente .60 (26). Es obvio que la capacidad relativa de máximo consumo está relacionada estrechamente con el metabolismo basal (7, 33).

En bovinos, los mayores consumos relativos pueden esperarse de animales jóvenes entre 100 y 200 Kg de peso vivo (19). En esta etapa, el consumo de materia seca de acuerdo a las normas de NRC es de aproximadamente el 2.5% del peso corporal. En los animales adultos puede disminuir hasta niveles del 2% o menos. Sin embargo tanto en animales jóvenes como en adultos se han observado consumos mayores al 3% (27, 34).

Se ha demostrado que el efecto del peso corporal puede modificarse por factores psicológicos. Animales de diferentes edades en un solo grupo tienden a consumir más que cuando se mantienen en cla-

ses separadas de acuerdo a sus edades observándose un efecto del rango social en el consumo del forraje. Sin embargo, las correlaciones entre consumo y rango social fueron menores que entre consumo y peso vivo (26).

3. Métodos para medir el consumo de forraje en pastoreo

Existen diversos métodos para medir el consumo de forrajes por animales en pastoreo. Dentro de un primer grupo se pueden reunir todos los métodos directos, agronómicos o de corte (43). Estos métodos han sido casi abandonados en los últimos 10 años debido a la pobre estimación que dan del verdadero consumo de los pastos. Estas técnicas de corte indican en el mejor de los casos cuanto forraje ha desaparecido como causa del pastoreo, que es una cantidad siempre mayor a la realmente ingerida por los animales (14, 43). Otra limitación se presenta al estimar el consumo de nutrimentos, pues existen diferencias entre el forraje cortado y el forraje seleccionado por los animales. Generalmente los animales seleccionan dietas de mayor digestibilidad, menos fibra y más proteína (14).

Un segundo grupo está constituido por los métodos indirectos. El consumo se expresa como el cociente entre las heces fecales producidas y la indigestibilidad del pasto consumido:

$$\text{CMS Kg/día} = \frac{\text{MS Fecal en Kg/día}}{100 - \text{Digestibilidad}}$$

Dentro de este segundo grupo, los diferentes métodos se caracterizan por la manera de determinar la producción fecal y la digestibilidad del forraje.

3.1. Medición de la producción fecal

La producción fecal puede ser medida por colección total o parcial. La colección total es más aplicable a ovinos por la naturaleza física de sus heces y es muy dificultosa en bovinos por el elevado contenido de humedad y excesivo peso de las heces, que hace necesario el uso de complicado equipo de colección y de animales entrenados (14, 30).

La técnica más usada consiste en estimar el volumen de materia fecal mediante indicadores. El indicador que ha dado los resultados más satisfactorios es el óxido crómico. Las dosis diarias más adecuadas han demostrado ser 2 gr para ovinos y 20 gr para bovinos (14, 29). El óxido crómico puede proporcionarse en diversas formas: mezclado con concentrados; como una toma en una suspensión de bentonita; en cápsulas de gelatina (42); en papel impregnado con óxido crómico al 30% (46) o en bolos sólidos de harina (30).

El principal problema al usar un indicador externo reside en la mezcla desuniforme con las ingestas y en las heces excretadas, así como retención del indicador en los pliegues del tracto gastro intestinal. El resultado es un patrón diario de excreción cuyos picos de mayor concentración coinciden con el número de dosificaciones realizadas (14, 29). Se ha demostrado que la variación se reduce al aumentar el número de dosificaciones diarias. Como este procedimiento tiene poco valor práctico se sugiere proporcionar más de una dosificación por día (14, 22).

3.2. Determinación de la digestibilidad

3.2.1. Indices fecales

En esta técnica se predice la digestibilidad de la MS y MO obtenidas con un forraje cortado similar al que está siendo pastoreado, a partir de los constituyentes de las heces de animales en pastoreo (50) por la relación:

$$\text{DMS (MO)} = a + bx$$

donde x = concentración del componente químico en las heces de los animales en pastoreo.

De los indicadores usados el Nitrógeno y los cromógenos del pasto han dado los mejores ajustes (2, 14, 50), sin embargo la relación proporciona errores estandar mayores que ± 3 unidades de digestibilidad al generalizarse para varios forrajes. Por tal motivo se recomienda usar estas regresiones como "locales" para un restringido rango de forrajes (50). Los mayores errores del método están en la extrapolación de resultados obtenidos en estabulación para condiciones de pastoreo. Otro error es el que involucra la digestibilidad, que al ser medida en estabulación no considera el mayor nivel de consumo de los animales en pastoreo (14).

3.2.2. Técnicas in vitro

Estas técnicas se basan en la determinación de la digestibilidad de muestras de forrajes obtenidos del rumen o esófago de animales fistulados y llevadas a un rumen artificial. Los errores de este método derivan del muestreo de la dieta, de la preparación de las

muestras para los análisis y del método analítico usado (14, 40). El método in vitro se encuentra en una etapa de perfeccionamiento y requiere más estudio.

3.2.3. Técnicas de relación

Las técnicas de relación se fundamentan en el uso de indicadores cuya concentración se mide en la dieta consumida y en las heces fecales. Las muestras del forraje consumido se extraen de animales con fistulas esofágicas o ruminales.

De los indicadores usados con más frecuencia: cromógenos de los pastos, lignina, sílice, y nitrógeno, ninguno está libre de sufrir variaciones en el tracto digestivo de los animales (40, 49). Se han realizado varias investigaciones que comparan el valor del nitrógeno y los cromógenos como indicadores. Los resultados demuestran que la variabilidad es mayor con los cromógenos, a lo que se agrega la mayor precisión en el análisis del nitrógeno (2, 14, 32, 40, 50). El método de N indigestible se fundamenta en la predicción de la proteína digestible (PD) a partir de la proteína cruda (PC) del forraje. La PD se puede predecir con bastante precisión.

En la presente experiencia se utilizó el método propuesto por Reid (42) para calcular el consumo de forraje. Para calcular la digestibilidad de la MS (ecuación en página 14) se usó la ecuación de Reid y Holter, por presentar los valores más altos de R^2 . Se compararon los valores de proteína digestible determinados en los laboratorios de IICA directamente de pruebas de digestibilidad, provenientes de diferentes fuentes (21, 30, 34, 45, 48, 50), con los valores

predecidos por la ecuación. La variabilidad encontrada entre los valores obtenidos directamente y los predecidos fue del 7%, que comparó ventajosamente con la variabilidad que normalmente existe en pruebas de digestibilidad con los mismos forrajes y que puede alcanzar 10 a 12%*.

Cuadro 1. Predicción de la PD a partir de la PC del forraje.

Referencia	Ecuación	R ²	E
Holter y Reid (28)	PD% = .929 PC - 3.48	.989	.44
Anderson (1)	PD% = .854 PC - 2.13	.979	.84
Milford (36)	PD% = .899 PC - 3.25	.970	---
O' Shea (38)	PD% = .916 PC - 3.09	---	1.62

E = error debido a desviaciones de la regresión.

* Datos de los laboratorios del IICA, sin publicar.

MATERIALES Y METODOS

1. Localización

El presente trabajo se llevó a cabo en los campos y laboratorios del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA en Turrialba, Costa Rica. Turrialba se encuentra a una altitud de 605 m; presenta una precipitación anual promedio de 2.600 mm y una humedad relativa promedio de 90%.

La experiencia se realizó entre los meses de abril y agosto de 1968.

2. Animales

Se utilizaron 80 animales en su mayoría de la raza Criolla, existiendo también algunos Criollos-Jersey y Jersey puros cuyos pesos vivos oscilaron entre 150 y 450 Kg. Todos los animales fueron hembras en crecimiento y vacas secas pertenecientes al hato lechero del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.

Para realizar la estimación cualitativa del pasto ingerido, se contó con tres animales fistulados en el rumen. Los estudios efectuados sobre la selectividad en el pastoreo de animales de diferentes edades, sexo y raza, señalan que en bovinos después de los seis meses de edad, las diferencias no son mayores a las encontradas entre animales de la misma edad (2). Por consiguiente no se consideró necesario tener animales fistulados representando los diferentes pesos y edades.

Los animales fueron pastoreados en praderas de Pangola (Digit-

ria decumbens) y de Guinea (Panicum maximum), sin recibir suplementación de otros alimentos. Antes de cada período experimental los animales fueron sometidos a un tratamiento contra parásitos internos. Además se realizaron pesajes al comienzo y al final de cada período después de un ayuno de 24 horas.

3. Determinación del consumo y digestibilidad del pasto

Los consumos de forraje fueron expresados como Materia Seca, Proteína Cruda, Energía Digestible y Nutrientos Digestibles Totales y determinados según las siguientes relaciones:

$$\text{CMS Pasto} = \frac{\text{MS Heces} \cdot \% \text{ PC Heces}}{.071 \cdot \% \text{ PC Pasto} - 3.48} \quad (43)$$

$$\text{CPC Pasto} = \text{CMS} \cdot \text{PC} \%$$

$$\text{CED Pasto} = \text{CMS} \cdot \text{ED} \%$$

$$\text{CNDT Pasto} = \text{CMS} \cdot \text{NDT}\%$$

3.1. Producción fecal

De los 13 días de duración de cada prueba, 8 días fueron de preparación de los animales para permitir la saturación de las paredes del tracto digestivo con óxido crómico y 5 de muestreo de heces. El óxido crómico se administró en bolos hechos de harina y 9 gramos de óxido crómico. Se administraron 2 bolos diarios a cada animal. El muestreo de heces se realizó 2 veces por día a intervalos de 11 a 14 horas, por ser esta la frecuencia que ha dado las mejores estimaciones del verdadero promedio de excreción (29). Con las muestras de 5 días, conservadas en congelación, se hizo una muestra compuesta para

cada animal. Para esta muestra compuesta se tomaron alícuotas diarias dependientes del contenido de materia seca de cada muestra simple. Oportunamente las muestras fueron secadas y molidas para la realización de los análisis correspondientes.

Las determinaciones de óxido crómico se efectuaron por el método de Kimura y Miller (18), modificado por Czarnoski, utilizando un espectrofotómetro Coleman Jr. Los valores de producción fecal fueron calculados según la relación:

$$\text{MS Fecal Kg/día} = \frac{\text{Cromo total cons. gr/día}}{\text{gr/Kg de Cromo en Heces}}$$

3.2. Muestreo de ingestas

Para la determinación cualitativa, las ingestas de los animales fistulados se muestrearon durante cinco días a razón de una muestra diaria. Las heces colectadas pueden posiblemente corresponder al forraje consumido aproximadamente dos días antes. Por consiguiente el primer muestreo de ingestas se realizó dos días antes del primer muestreo de heces y el último dos días antes del último muestreo de heces. Con el rumen vaciado y limpio los animales fistulados se dejaban pastar aproximadamente 30 minutos cuidando que no bebieran agua antes de extraer las muestras. Luego se devolvía la ingesta al rumen, la misma que era mantenida en bolsas de plástico. Antes de ser sometidas a los análisis de laboratorio, al igual que con las muestras fecales, las muestras de cinco días de cada animal se mezclaron tomando alícuotas según su contenido en materia seca.

3.3. Análisis proximales y calorimétricos

Para los análisis proximales realizados en las ingestas y fecales, se utilizaron los métodos del Official Agriculture Chemists (AOAC) (4). Para los análisis de Nitrógeno se usó el método de Micro Kjeldall con muestras secadas a 100°C. Los valores obtenidos fueron corregidos por pérdidas durante el secado por la ecuación (31):

$$Y = 1.125 X + .12$$

en donde: Y = % de N corregido por las pérdidas durante el secado

X = % de N en la muestra seca

La energía bruta de las heces e ingestas se midió en una bomba calorimétrica Parr. Todas las determinaciones se hicieron en duplicado, desechando aquellos duplicados que presentaron diferencias mayores al 5%.

4. Diseño y análisis del experimento

En cada especie de pasto se distribuyeron 40 animales con pesos entre 150 y 450 Kg de peso vivo, en un diseño irrestrictamente al azar. En los meses que duró el experimento se realizó un total de 4 pruebas de consume en cada pasto, utilizando 10 animales en cada una de los periodos experimentales.

Para generar las funciones de producción se usaron como variables dependientes (Y_1) las variables de respuesta que representan el consume de: Energía Digestible, Nutrientos Digestibles Totales, Proteína Cruda y Materia Seca. Las variables independientes estuvie

ron constituidas por el peso (X_1) y la edad (X_2) de los animales. Se utilizó un modelo constituido por una expansión polinomial de segundo grado y un modelo logarítmico (Cobb-Douglas). Para poder evaluar la precisión del ajuste de las ecuaciones de regresión independientemente del efecto debido a los períodos, además del análisis de regresión para el total de datos se realizó un análisis para cada período por separado. El esquema distributivo se resume en el cuadro 2.

Cuadro 2. Distribución de animales por período y por pastos.

	P A N G O L A				G U I N E A			
Períodos	1	2	3	4	1	2	3	4
Animales	10	10	10	10	10	10	10	10

3. Polinomio de segundo grado

$$Y_i = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_{11} X_1^2 + b_{22} X_2^2 + b_{12} X_1 X_2 + E_i$$

en que: Y_i = Parámetros de consumo (MS, PC, ED, NDT)

X_1 = Edad en meses

X_2 = Peso vivo en Kg después de un ayuno de 20 a 24 h.

E_i = Error aleatorio que se supone distribuido como $N(0, \sigma^2)$.

b_0 = Punto de corte en Y por la superficie de respuesta.

b_1 = $\frac{\partial Y}{\partial X_1}$ = Incremento del consumo por unidad de incremento en la edad.

$$b_2 = \frac{\partial Y}{\partial x_2} = \text{Incremento del consumo por unidad de incremento en el peso.}$$

$$b_{11} = \frac{\partial^2 Y}{\partial x_1^2} = \text{Razón de cambio del coeficiente } b_1$$

$$b_{22} = \frac{\partial^2 Y}{\partial x_2^2} = \text{Razón de cambio del coeficiente } b_2$$

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

Función logarítmica (Cobb-Douglas)

$$Y_1 = b_0 X_1^{b_1} X_2^{b_2} E_1$$

donde: $b_1 = \frac{\partial Y}{\partial x_1}$

$$b_2 = \frac{\partial Y}{\partial x_2}$$

Las variables fueron definidas en el modelo anterior.

RESULTADOS Y DISCUSION

1. El consumo de pasto

1.1. Consumo de materia seca

En el paste Pangola, el consumo de MS expresado como por ciento del peso vivo, osciló entre 2.8 y 2.4% para los animales más pequeños y más grandes respectivamente. El consumo de MS en pasto Guinea fue superior al consume de MS en pasto Pangola, con un rango de consumo entre 3.8 y 2.6% del peso desde los animales más pequeños a los más grandes. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Louis (34). Tanto en Pangola como en Guinea, estos consumos fueron superiores a los requisitos según el NRC para animales estabulados (figura 1 y cuadro 2 del apéndice). Resultados similares fueron también encontrados por Luis (34) y Beoudouin (6) con animales que pesaban entre 300 y 400 Kg. La relación entre el consumo y el peso corporal fue más lineal que la tabulada para los datos del NRC, situación que concuerda con lo encontrado por otros investigadores (8, 9, 24).

En el consumo de MS, las diferencias entre períodos no fueron significativas en Pangola como puede verse en el cuadro 3. En contraste, para Guinea las diferencias sí fueron significativas ($P \leq .05$). Los potreros de Guinea resultaron ser más heterogéneos, como se puede ver también por las variaciones en la digestibilidad de la MS (figura 2 y cuadro 1 del apéndice) que fueron más marcadas en Guinea que en Pangola. En otras palabras, en Pangola no hubo dife-

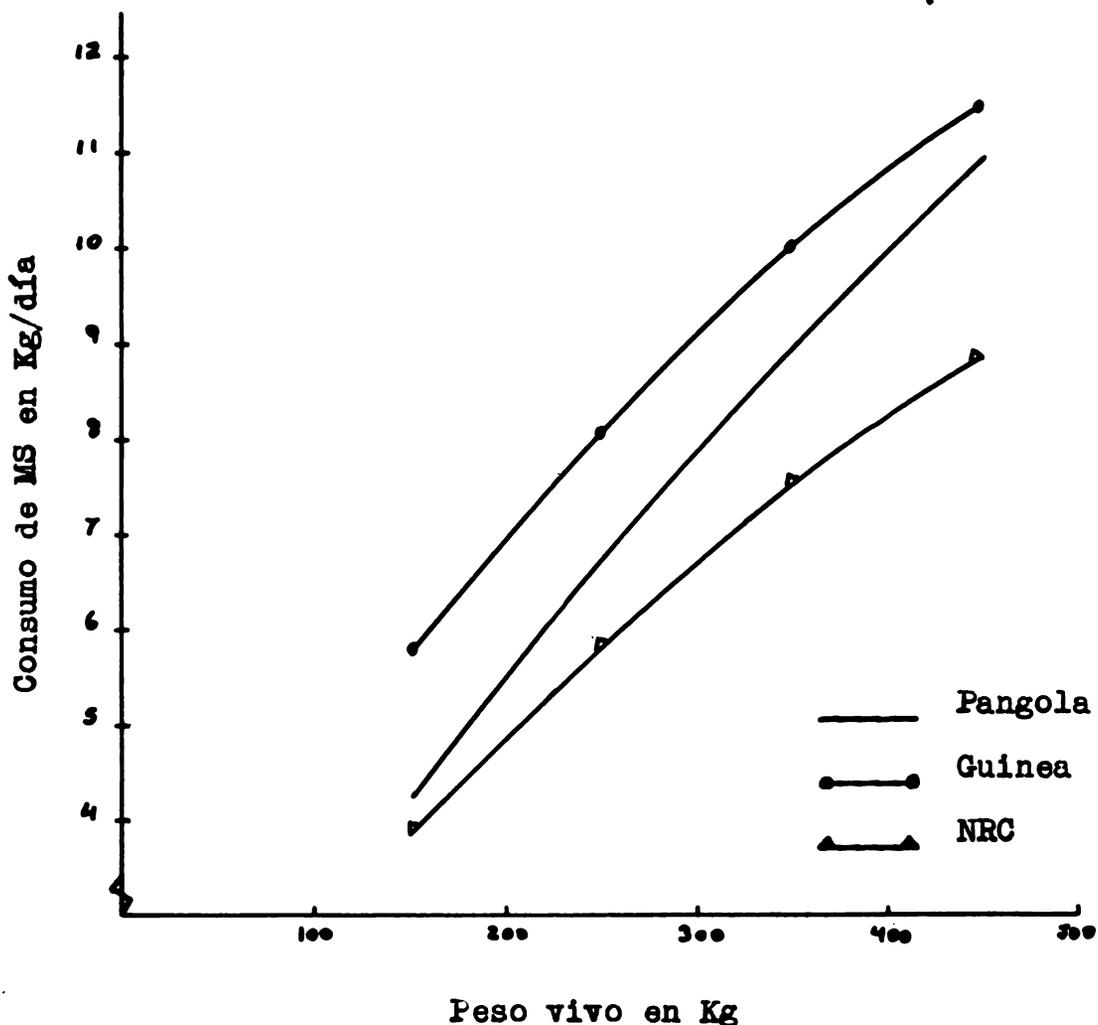


Figura 1. Consumo de MS en Pangola y Guinea comparado con los requisitos en confinamiento según el NRC.

rencias en consumo de forraje entre los meses de abril y agosto.

Según puede verse en la figura 2, y cuadro 1 del apéndice el Pangola presentó en general mayor digestibilidad de la MS que el Guinea. La digestibilidad tiende a bajar en ambos pastos en el mes de junio, pero más notoriamente en Guinea, lo que concuerda con

Cuadro 3. Análisis de variancia para el consumo de MS de Pangola y Guinea. Modelo logarítmico.

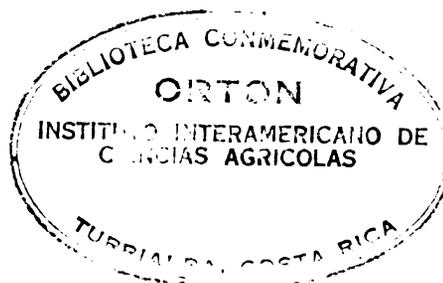
Fuente de variación	GL	Pangola CM	Guinea CM
Desviación de los coeficientes de regresión entre períodos (H ₀)	9	0.004930 NS	0.002448*
Desviación dentro de períodos	28	0.004265	0.006147
Desviación de la regresión común	37	0.004427	0.010600

$$H_0 = b_{1P_1} = b_{1P_2} = b_{1P_3} = b_{1P_4}$$

$$b_{2P_1} = b_{2P_2} = b_{2P_3} = b_{2P_4}$$

* Significativo ($P \leq 0.05$)
F (9, 28)

resultados reportados (34). Siendo el Pangola de mayor digestibilidad que el Guinea, se esperaría también un mayor consumo de MS, lo que no sucede. Sin embargo, se ha encontrado que la digestibilidad tiene muy poco efecto sobre el consumo para valores mayores al 65% (17, 24, 25), que es la situación del presente experimento. También se han encontrado efectos negativos a niveles de digestibilidad superiores al 70% (17).



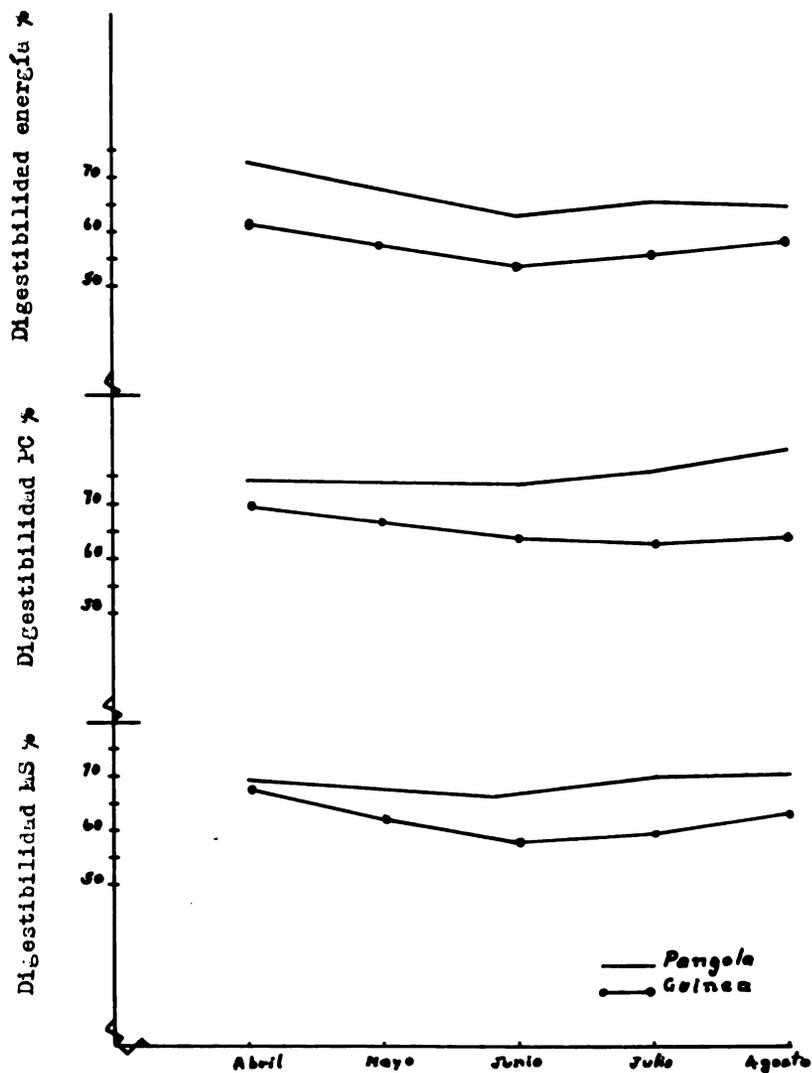


Figura 2. Variación de la digestibilidad de la MS, PC y Energía en Pangola y Guinea entre los meses de abril y agosto.

Comparando los consumos de materia verde (figura 3) se puede observar mayor consumo de Pangola que de Guinea. Por consiguiente, el factor limitante para el consumo de MS pudiera ser el mayor contenido de agua del pasto Pangola. Es importante hacer notar que los consumos de materia verde están sobreestimados, porque los porcentajes

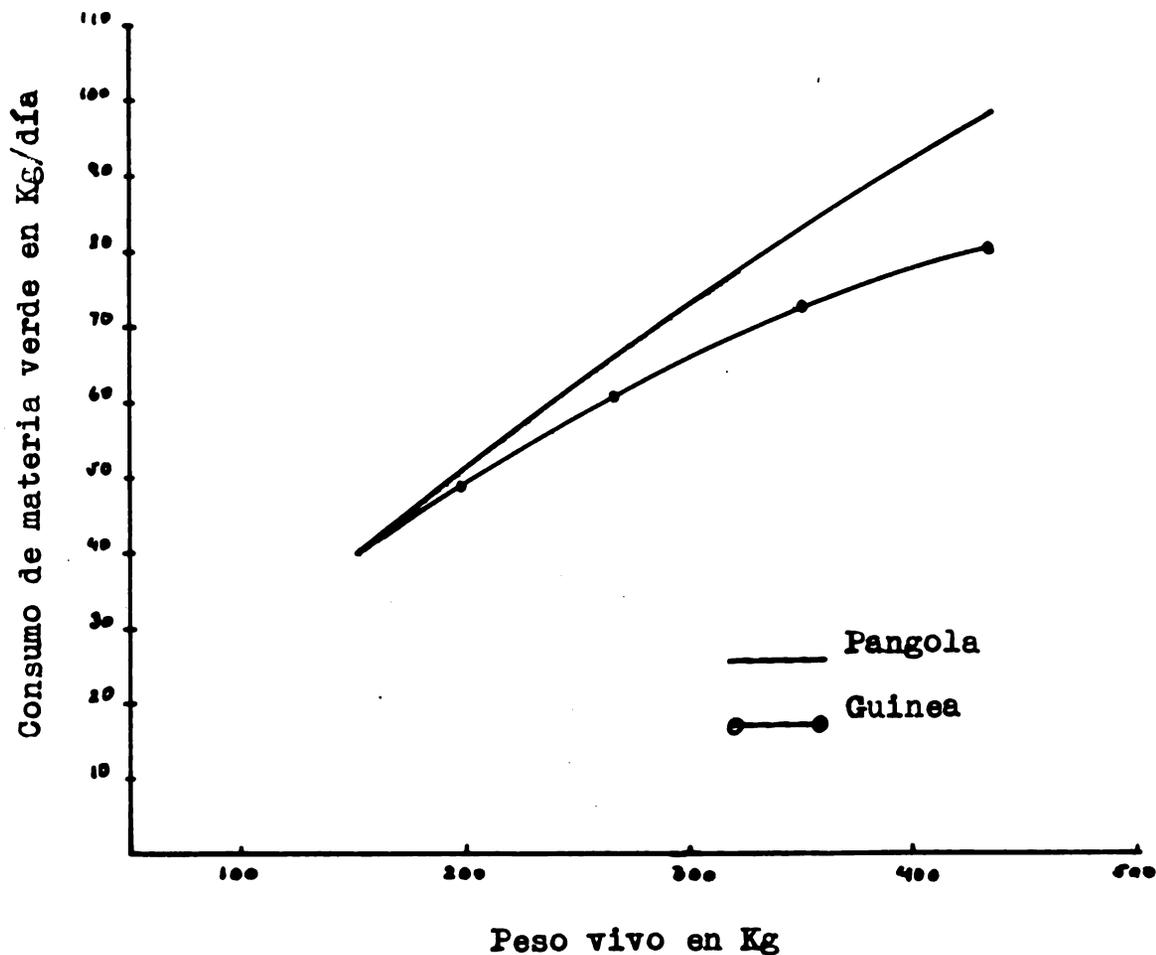


Figura 3. Consumo de materia verde en Pangola y en Guinea.

de humedad usados corresponden a las ingestas sacadas del rumen de animales fistulados. Las ingestas presentan humedad adicional por la contaminación con saliva y posiblemente con licor del rumen.

1.2. Consumo de energía

Para poder comparar los consumos observados en el presente experimento con los valores tabulados por el NRC para animales estabulados, se asumió que el gasto adicional de energía debida al pastoreo podría corresponder al 50% de los requerimientos de mantención (1, 33). Las necesidades energéticas del mantenimiento se estimaren de acuerdo con la siguiente relación:

$$E = 70 W^{.75} \quad (7, 33)$$

donde: E = energía en K calorías por día

W = peso corporal en Kg.

Con el objeto de comparar los resultados experimentales con las normas de alimentación, se calcularon además de la ED, los valores de NDT. Como se visualiza en la figura 4, y cuadro 3 y 4 del apéndice, en los animales jóvenes el consumo de energía (NDT) fue mayor en Guinea que en Pangola. Desde aproximadamente los 340 Kg de peso el consumo de energía del Pangola comenzó a ser superior al del Guinea. Comparando los consumos de NDT con los requisitos estimados, (figura 4) se observa que en Pangola existió un déficit energético en los animales con pesos inferiores a 380 Kg, incrementándose dicho déficit al disminuir el peso. El pasto Guinea parece satisfacer los requisitos de animales con menos de 250 Kg de peso. Sin embargo, sobre este límite la deficiencia de energía aumentó gradualmente. Considerando los animales de menor peso vivo, consumieron diariamente 2.2 y 1.8 Kg de NDT por 100 Kg de peso vivo en Guinea y Pangola res-

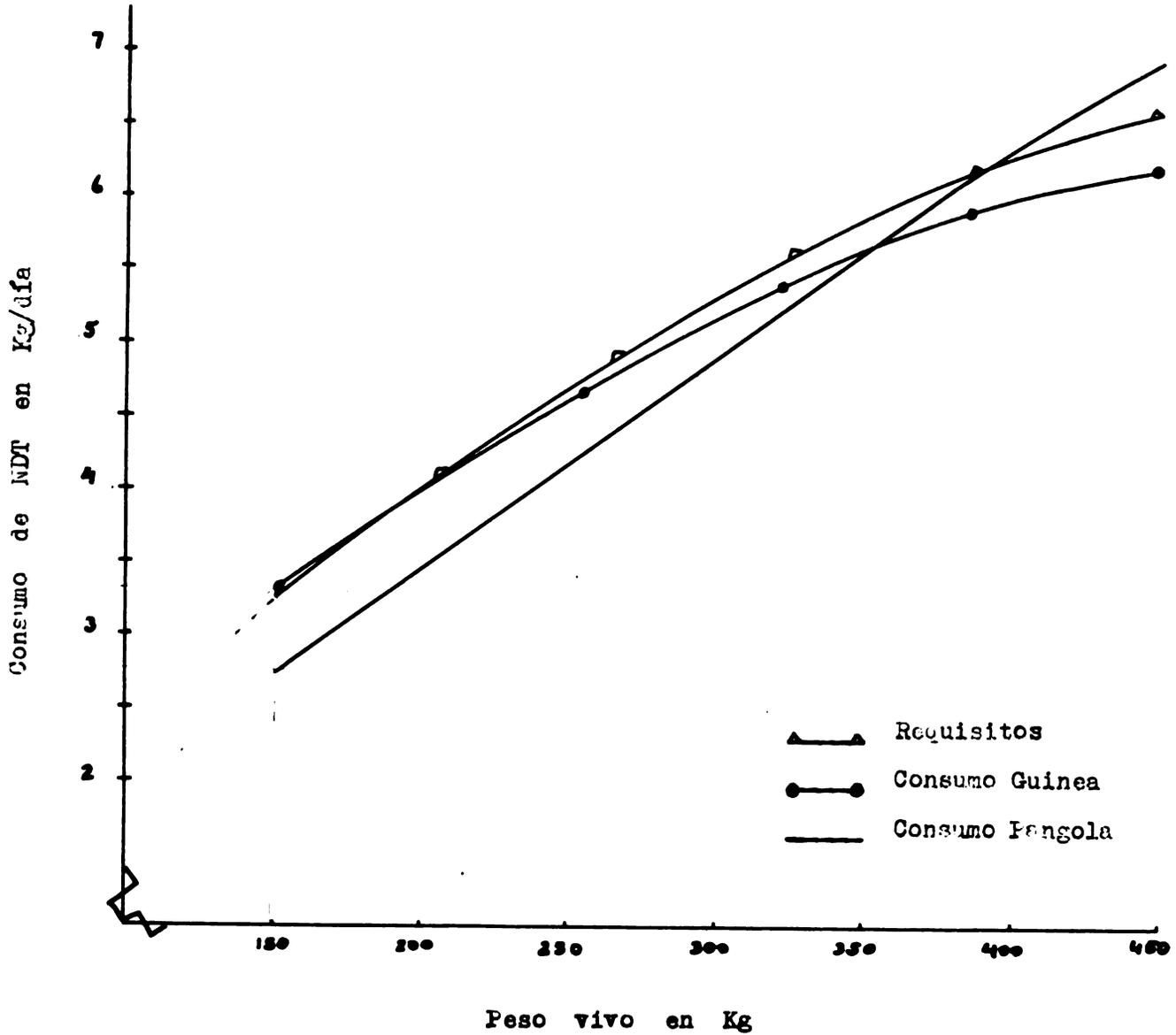


Figura 4. Comparación entre el consumo de NDT en Pangola y Guinea con los requisitos estimados para animales en pastoreo.

pectivamente. Los animales más grandes consumieron sólo 1.3 y 1.5 Kg de NDT por 100 Kg de peso vivo en Guinea y en Pangola.

Cuadro 4. Análisis de variancia para el consumo de energía digestible en Pangola y Guinea. Modelo logarítmico.

Fuente de variación	GL	Pangola CM	Guinea CM
Desviación de los coeficientes de regresión entre periodos (H_0)	9	0.005080 NS	0.021599NS
Desviación dentro de periodos	28	0.004527	0.009957
Desviación de la regresión común	37	0.004770	0.012610

$$H_0 = b_{1P_1} = b_{1P_2} = b_{1P_3} = b_{1P_4}$$

$$b_{2P_1} = b_{2P_2} = b_{2P_3} = b_{2P_4}$$

F (9, 28)

No hubo diferencias significativas en consumo de energía entre los periodos experimentales (cuadro 4) lo que indica que el consumo energético fue muy semejante entre los meses de abril y agosto, tanto en Pangola como en Guinea.

El pasto Pangola presentó mayor concentración energética que el Guinea, según puede observarse en la figura 4 y cuadros 3 y 4 del apéndice.

1.3. Consumo de proteína

En general, en praderas siempre verdes el consumo de proteína ha demostrado ser un factor de menor importancia que el consumo de energía (39). Los consumos de proteína encontrados para Pangola y Guinea (figura 5 y cuadro 5 del apéndice), demuestran ser ampliamente superiores a los requerimientos. Resultados similares fueron encontrados por Louis (34) e Iturbide (30) en praderas semejantes, con animales adultos. El consumo de proteína en Guinea, sin embargo es menor que en Pangola, diferencia que se acentúa al aumentar el peso de los animales.

Cuadro 5. Análisis de variancia para el consumo de PC de Pangola y Guinea. Modele logarítmico.

Fuente de variación	GL	Pangola CM	Guinea CM
Desviación de los coeficientes de regresión entre periodos (H_0)	9	0.005830 NS	0.032310*
Desviación dentro de periodos	28	0.004266	0.009410
Desviación de la regresión común	37	0.004660	0.014981

$$H_0 = b_{1p_1} = b_{1p_2} = b_{1p_3} = b_{1p_4}$$

$$b_{2p_1} = b_{2p_2} = b_{2p_3} = b_{2p_4}$$

* Significativo ($P \leq 0.05$)

F (9, 28)

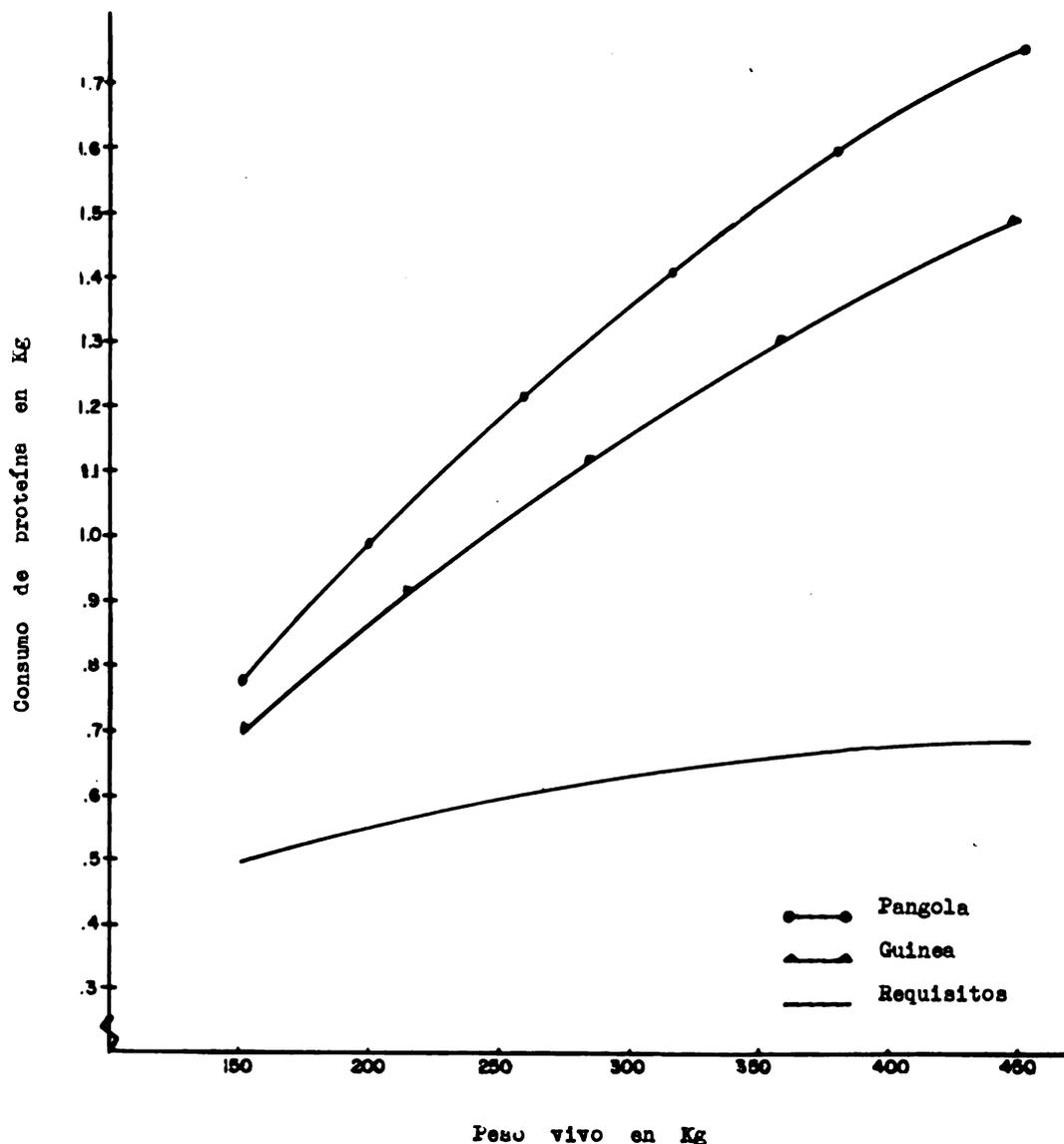


Figura 5. Consumo de proteína en Pangola y Guinea comparado con los requisitos según el NRC.

Del cuadro 5 se desprende que en Pangola no hubo diferencias significativas en consumo de proteína atribuibles a los períodos experimentales, mas en Guinea sí las hubo (cuadro 6) ($P \leq .05$). Estas diferencias, sin embargo carecen de importancia debido a que el consumo proteico satisface los requerimientos.

2. Predicción del consumo de pasto

2.1. Valor predictivo de las ecuaciones de regresión

En los cuadros 6, 7 y 8 se presentan las ecuaciones de predicción obtenidas para el pasto Pangola de acuerdo con los modelos logarítmico (Cobb-Deuglas) y polinomio de segundo grado. En este segundo caso se incluye también un modelo con la transformación de raíz cuadrada para las variables independientes. Las ecuaciones para el pasto Guinea han sido omitidas por carecer de suficiente valor predictivo, como puede verse por los valores de correlación múltiple obtenidos (cuadro 12).

Se puede ver que los valores de R^2 son muy similares en las funciones logarítmica y cuadrática (cuadros 6, 7 y 8).

Cuadro 6. Predicción del consumo de pasto Pangola. Modelo logarítmico (Cobb-Douglas).

Variable de respuesta	E C U A C I O N	R^2	F
CMS Kg/día	$\hat{Y} = .053784 x_1^{.0107} x_2^{.8679}$	.807	77.32
CPC Kg/día	$\hat{Y} = .010441 x_1^{.0186} x_2^{.8584}$	.800	74.04
CED Kg/día	$\hat{Y} = .03784 x_1^{.0133} x_2^{.8591}$	.794	71.09
CNDT Kg/día	$\hat{Y} = .035796 x_1^{.0113} x_2^{.8603}$	.790	69.59

Cuadro 7. Predicción del consumo de pasto Pangola. Modelo polinomial de segundo grado.

Variable de respuesta	E	C	U	A	C	I	O	N	R ²	F
CMS Kg/día	$\hat{Y} = -2.9220 + .12250 X_1 + .0395 X_2 + .000064 X_1^2 - .000020 X_2^2 - .000312 X_1 X_2$								.817	30.32
CPC Kg/día	$\hat{Y} = -.5532 + .02182 X_1 + .0076 X_2 + .000026 X_1^2 - .000044 X_2^2 - .000062 X_1 X_2$								.811	29.10
CED Kg/día	$\hat{Y} = -2.0048 + .07770 X_1 + .0276 X_2 + .000041 X_1^2 - .000016 X_2^2 - .000196 X_1 X_2$								.807	28.41
CNDT Kg/día	$\hat{Y} = -2.0782 + .06544 X_1 + .02875 X_2 + .000048 X_1^2 - .000020 X_2^2 - .000168 X_1 X_2$								.806	28.18

Cuadro 8. Predicción del consumo de pasto Pangola. Modelo polinomial de segundo grado con la variable transformada.

CMS Kg/día	$\hat{Y} = -16.0820 + 1.6958\sqrt{X_1} + 1.58218\sqrt{X_2} + .04456 X_1 - .00892 X_2 - .11678\sqrt{X_1 X_2}$								.800	27.27
CPC Kg/día	$\hat{Y} = -2.9505 + .3322\sqrt{X_1} + .2830\sqrt{X_2} + .01470 X_1 - .00010 X_2 - .02826\sqrt{X_1 X_2}$								.796	26.59
CED Kg/día	$\hat{Y} = -10.4002 + 1.1606\sqrt{X_1} + 1.0054\sqrt{X_2} + .03590 X_1 - .00273 X_2 - .08524\sqrt{X_1 X_2}$								.791	25.77
CNDT Kg/día	$\hat{Y} = -10.7176 + .8848\sqrt{X_1} + 1.1418\sqrt{X_2} + .03815 X_1 - .00957 X_2 - .07293\sqrt{X_1 X_2}$								.790	25.64

En la figura 6 se puede observar una gráfica tridimensional de las funciones cuadráticas y logarítmica. La superficie de la derecha del sector punteado corresponde a los límites abarcados por los animales usados en el experimento. A la izquierda se encuentran valores extrapolados.

Extrapolando valores fuera de los márgenes de peso y edad abarcados en el experimento, se nota que la función cuadrática da valores de consumo que se hacen más desproporcionados a medida que aumenta la edad dentro de un mismo peso. En otras palabras, para animales que tienen un peso bajo en relación a su edad, esta función dará valores de consumo mayores a los reales. En contraste, la función logarítmica muestra un aumento pequeño del consumo al aumentar la edad independientemente del peso, situación que parece más lógica. En consecuencia, para predecir el consumo de pasto, resulta menos arriesgado utilizar la función logarítmica que la cuadrática.

La función cuadrática es muy sensible para ajustarse a la verdadera superficie de respuesta, como puede verse por los valores de R^2 (.96 a .98) obtenidos en cada uno de los períodos experimentales, tanto para Pangola como para Guinea, (cuadro 6 del apéndice). La superficie cuadrática puede tener un máximo, un mínimo como puede no tener ni máximo ni mínimo (punte de silla de caballo). Tiene un máximo si la matriz

$$\begin{vmatrix} 2b_{11} & b_{12} \\ b_{12} & 2b_{22} \end{vmatrix}$$

es negativamente definida y un mínimo si dicha matriz es positivamen

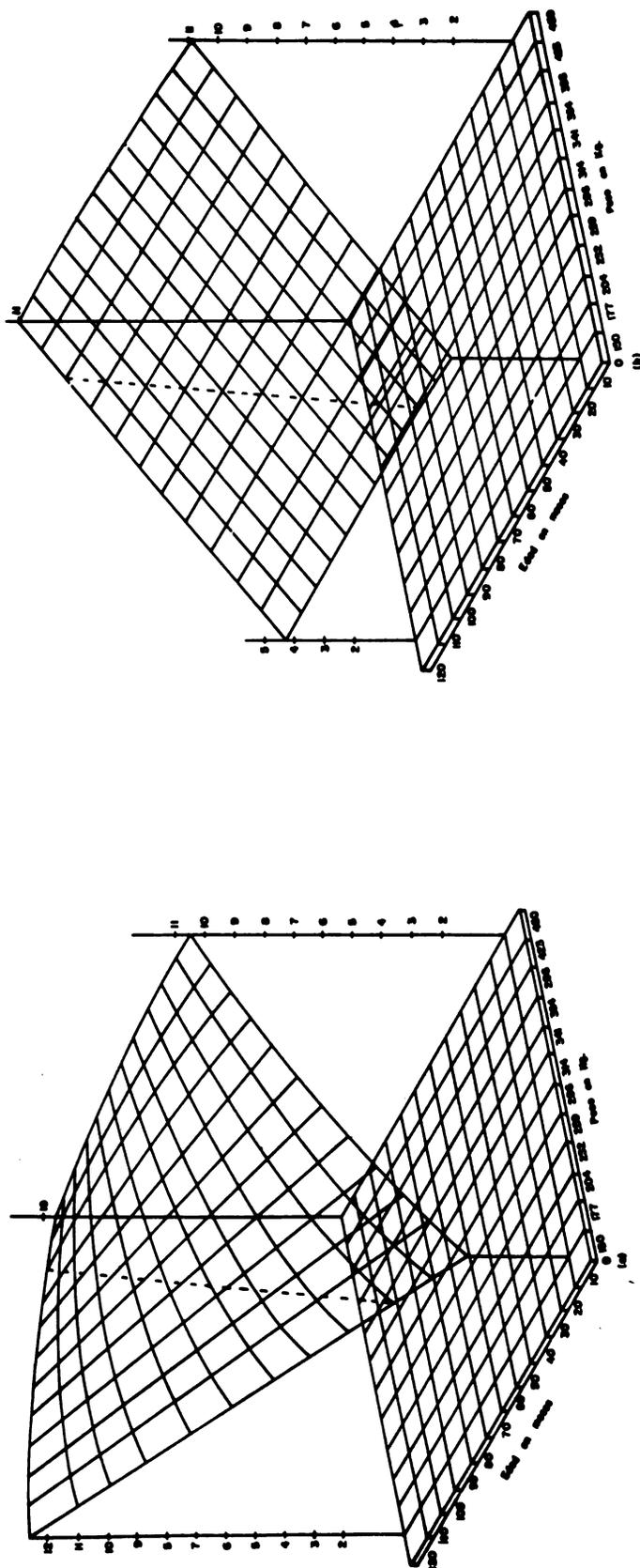


Figura 6. Superficie de consumo de MS en función de la edad y el peso para la función cuadrática (a) y logarítmica (b)

te definida. Considerando la relación peso-consumo de alimentos, de acuerdo con la función cuadrática significaría que al aumentar el peso, el consumo llegaría a un máximo y luego disminuiría, lo que no es lógico. Sin embargo, la función obtenida debe interpretarse como un segmento de la superficie cuadrática, que corresponde a la interpolación dentro de los datos experimentales, y no sobre toda la región definida por X_1 y X_2 . En contraste, la función logarítmica se presta adecuadamente a consideraciones de carácter teórico, pues el metabolismo animal y el peso guardan una relación logarítmica $Y = a X^b$ (10). Sin embargo, al hacer los cálculos de regresión para cada período la función logarítmica no proporciona tan buen ajuste como la cuadrática. Esto hace pensar que hubieron efectos no controlados por la regresión. Tales efectos podrían deberse a la composición química del forraje consumido que afectaría a la palatabilidad; a la energía gastada en el trabajo de pastoreo; y a factores climáticos tales como lluvia e irradiación solar. Es posible que los factores de composición química del forraje y la energía gastada en pastorear, que no fueron medidas en el presente experimento, hayan reducido los valores de R^2 para el caso del pasto Guinea haciendo perder el valor predictivo a las ecuaciones obtenidas. Los potreros de Guinea utilizados en el presente experimento fueron mucho más irregulares que los de Pangola, tanto en topografía como en la calidad o cobertura del suelo por el pasto. A más de presentar un elevado porcentaje de otras variedades de gramíneas, tales como pasto Gordura (Melinis minutiflora) y Gramalote (Paspalum fasciculatum) principal-

mente, dichos potreros fueron mucho más grandes, manteniendo al ganado caminando duramente más tiempo. Además, las distancias que los animales debían recorrer para tomar agua fueron mayores en los potreros de Guinea que en los de Pangola.

5.2. Relaciones entre las variables

En los cuadros 9, 10, 11 y 12 se presentan las correlaciones simples, parciales y múltiples obtenidas entre las variables estudiadas. Para las correlaciones simples y múltiples, los valores obtenidos por medio de la función logarítmica y de segundo grado, fueron muy similares, con lo cual en los cuadros se presentan solamente los valores correspondientes a la función logarítmica.

Cuadro 9. Matriz de correlaciones simples entre la edad (X_1), peso (X_2) y consumo de ED (Y_1), PC (Y_2), MS (Y_3) y NDT (Y_4) en Pangola. Función logarítmica.

	X_1	X_2	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4
X_1	1.000	.834	.751	.757	.755	.748
X_2		1.000	.891	.894	.898	.889
Y_1			1.000	.996	.994	.997
Y_2		sim,		1.000	.995	.995
Y_3					1.000	.996
Y_4						1.000

Cuadro 10. Matriz de correlaciones simples entre la edad (X_1), peso (X_2) y consumo de ED (Y_1), PC (Y_2), MS (Y_3) y NDT (Y_4) en Guinea. Función logarítmica.

	X_1	X_2	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4
X_1	1.000	.855	.495	.498	.556	.511
X_2		1.000	.622	.623	.680	.651
Y_1			1.000	.966	.973	.979
Y_2				1.000	.952	.934
Y_3		sim.			1.000	.960
Y_4						1.000

Cuadro 11. Correlaciones parciales entre edad (X_1), peso (X_2) y el consumo de MS (Y) en Pangola y Guinea.

Modelo	Pangola		Guinea	
	$ry_{X_1 \cdot X_2}$	$ry_{X_2 \cdot X_1}$	$ry_{X_1 \cdot X_2}$	$ry_{X_2 \cdot X_1}$
Logarítmico	.0268	.7430	-.0929	.4915
Cuadrático	.1165	.7190	.0038	.4578

En vista de que las correlaciones entre las variables de respuesta (MS, PC, ED y NDT) fueron casi absolutas, resulta suficiente

analizar la relación entre las variables independientes con el consumo de MS.

Cuadro 12. Correlaciones múltiples entre edad y peso (X_1, X_2) con el consumo de ED (Y_1), PC (Y_2), MS (Y_3) y NDT (Y_4) en Pangola y Guinea.

Pasto		Y_1	Y_2	Y_3	Y_4
Pangola	X_1, X_2	.891	.894	.898	.888
Guinea	X_1, X_2	.624	.626	.684	.657

Ninguna de las correlaciones parciales entre edad y consumo resultó significativamente diferentes de cero. Sin embargo, en Pangola el modelo cuadrático parece dar más peso a la edad. Además, en Guinea la función logarítmica dio una correlación parcial negativa, situación que era de esperarse (cuadro 11). A pesar de que las correlaciones parciales entre edad y consumo no fueron significativas, la inclusión de la edad aumento la correlación total (cuadro 12). Por otro lado, la importancia dada al peso corporal por las funciones cuadrática y logarítmica fue muy similar, tanto para el Pangola como para el Guinea. Esta situación implicaría que se requiere un mayor número de observaciones para aclarar este estado aparentemente contradictorio.

En conclusión, la predictividad del consumo de pasto Pangola parece bastante aceptable (R^2 .80), no así la del pasto Guinea

(R² .40). Sin embargo, sería aconsejable aumentar el número de observaciones durante otras épocas del año y estudiar además otros factores que pueden afectar el consumo de pasto, tales como la composición química del forraje.

CONCLUSIONES

1. Los animales en Guinea consumieron más MS que en Pangola. El consumo de NV tendió a ser superior en Pangola.
2. El pasto Pangola presentó mayor concentración de nutrimentos que el Guinea y fue más digestible.
3. Tanto en Pangola como en Guinea, el consumo de PC fue superior a los requerimientos para los pesos considerados en el experimento, siendo dicho consumo superior en Pangola que en Guinea.
4. El consumo energético con pasto Pangola cubre los requerimientos para animales con pesos superiores a los 380 Kg. Con Guinea, el consumo energético sigue aproximadamente la misma tendencia que los requisitos.
5. La relación entre consumo de forraje y peso corporal fue curvilínea, siendo el consumo relativo, mayor en los animales pequeños que en los grandes.
6. Considerando las variables edad y peso corporal, el consumo de Pangola puede predecirse con un valor de R^2 aproximado de .80.
7. Las variables consideradas en el experimento no fueron suficientes para obtener adecuada predictividad en el consumo de Guinea.
8. Aunque el ajuste de la superficie de respuesta fue similar, resulta menos arriesgado utilizar ecuaciones de predicción con funciones logarítmicas que con cuadráticas.

RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo en el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, en Turrialba, Costa Rica. Los objetivos del estudio fueron: estimar el efecto de la edad (X_1) y el peso corporal (X_2) del bovino sobre el consumo de pasto; estimar y comparar ecuaciones de predicción del consumo.

Los animales pastaron sobre praderas de Pangola (Digitaria decumbens) y de Guinea (Panicum maximum) realizándose los análisis y predicciones dentro de cada especie de pasto. Se derivaron ecuaciones para predecir el consumo de Materia Seca, Proteína Cruda, Energía Digestible y Nutrientes Digestibles Totales. Para evaluar el consumo se usaron 80 animales cuyos pesos corporales oscilaron entre 150 y 450 Kg. El consumo se midió por la relación digestibilidad-producción fecal, utilizándose el "nitrógeno indigestible" y el "óxido crómico" como indicadores para medir la digestibilidad y la producción fecal respectivamente. //

En Pangola, el consumo de materia seca, en por ciento del peso osciló entre 2.8 y 2.4% para los animales más pequeños y más grandes respectivamente. En forma comparable, se obtuvieron para los animales que pastaren en Guinea consumos entre 3.8 y 2.6%. El consumo de energía en Guinea siguió aproximadamente la misma tendencia de los requerimientos teóricos derivados de los standards del Consejo Nacional de Investigaciones de los Estados Unidos (NRC). Sin embargo, en Pangola el consumo de energía fue deficitario para los pesos inferiores a 380 Kg. El consumo de proteína en ambos pastos fue superior a

la expectación según los requisitos de las normas indicadas.

Para estimar las ecuaciones de predicción se usaron los modelos logarítmico y polinomial. Dentro de cada pasto, los dos modelos dieron valores de R^2 aproximadamente de 0.80 en Pangola y 0.40 en Guinea, teniéndose considerablemente más precisión en la predicción del consumo en Pangola comparado con Guinea. Considerando todas las combinaciones de edades y pesos corporales, la función logarítmica dio el mejor ajuste garantizando una mayor validez predictiva.

Las siguientes ecuaciones derivadas del modelo logarítmico expresan el consumo de Pangola en función de X_1 y X_2 .

$$\text{CMS (Kg/dfa)} \quad \hat{Y} = .053784 X_1^{.0107} X_2^{.8679}$$

$$\text{CPC (Kg/dfa)} \quad \hat{Y} = .010441 X_1^{.0186} X_2^{.8584}$$

$$\text{CED (Kg/dfa)} \quad \hat{Y} = .037840 X_1^{.0133} X_2^{.8591}$$

$$\text{CNDT (Kg/dfa)} \quad \hat{Y} = .035796 X_1^{.0113} X_2^{.8603}$$

SUMMARY

The present study was carried out at the Inter-American Institute of Agricultural Sciences of the OAS, in Turrialba, Costa Rica. Objectives of this study were: To estimate the effect of age (X_1) and bodyweight (X_2) of cattle on pasture consumption; and to estimate and compare equations to predict pasture consumption.

The animals were grazed on Guinea (Panicum maximum) and Pangola grass (Digitaria decumbens), thus, the analysis and prediction equations were within pasture species. Separate equations were derived to predict consumption of Dry Matter, Crude Protein, Digestible Energy and Total Digestible Nutrients. To evaluate consumption, 80 animals ranging from 150 to 450 kg bodyweight were used. Consumption was estimated by the Digestibility-Faecal Production relationship. Indigestible Nitrogen and Chromic Oxide indicators were used in estimating digestibility and faecal production respectively.

Dry Matter intake in relation to bodyweight ranged from 2.8 to 2.4% for youngest and oldest animals, respectively, when grazing Pangola grass. Comparable values were 3.8 to 2.6% for animals grazing Guinea grass. Energy intake on Guinea grass was similar to theoretical requirements derived from National Research Council (NRC) standards, whereas on Pangola, energy intake was insufficient for animals below 380 kg liveweight. Protein consumption from both Pangola and Guinea grass pastures were greater than NRC requirements.

Two models, logarithmic and polynomial were used to derive prediction equations for consumption. Within pasture species the two

models gave R^2 values of approximately 0.80 for Pangola and 0.40 for Guinea grass, indicating considerably more precision in predicting consumption on Pangola as compared to Guinea. The logarithmic function gave a better fit, considering all combinations of age and body weight, assuring greater predictive accuracy.

The following equations, derived from the logarithmic model for predicting Pangola consumption were as follows:

$$\text{DM Intake (kg/day)} \quad \hat{Y} = .053784 X_1^{.0107} X_2^{.8679}$$

$$\text{CP Intake (kg/day)} \quad \hat{Y} = .010441 X_1^{.0186} X_2^{.8584}$$

$$\text{DE Intake (kg/day)} \quad \hat{Y} = .037840 X_1^{.0133} X_2^{.8591}$$

$$\text{TND Intake (kg/day)} \quad \hat{Y} = .035796 X_1^{.0113} X_2^{.8603}$$

LITERATURA CITADA

1. ANDERSON, M. J. y LAMB, Predicting digestible protein from crude protein. *Journal of Animal Science* 18(3):1339-1344. 1959.
2. ARNOLD, G. W. Empleo de técnicas in vitro en asociación con técnicas de muestreo para medir la digestibilidad y el consumo de forrajes 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.
3. _____ y PAHL, P. J. Studies on the diet of the grazing animal. The effect of age and breed on the diet selection. *Australian Journal of Agriculture Research* 18(2):349-359. 1967.
4. ASSOCIATION OF OFFICIAL CHEMISTS. Official methods of 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):669-683. 1962.
6. BEOUDOIN, J. Efectos de la melaza sobre el consumo de pasto en bovinos. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1968. 41 p.
7. BLAXTER, K. L. Metabolismo energético de los rumiantes. Zaragoza, Acribia, 1964. 314 p.
8. _____, WAINMAN, F. W. y DAVISON, J. L. The voluntary intake of food by sheep and cattle in relation to their energy requirements for maintenance. *Animal Production* 8(1): 75-83. 1966.
9. _____ y WILSON, R. S. The voluntary intake of roughages by steers. *Animal Production* 4(3):351-358. 1962.
10. BRODY, S. Bioenergetics and growth. New York, Reinhold, 1945. 1023 p.
11. CAMPLING, R. C. The control of voluntary intake of food in cattle. *Outlook on Agriculture* 5(2):74-79. 1966.

12. CAMPLING, R. C. y BALCH, C. C. Factors affecting the voluntary intake of food by cows. I. Preliminary observations on the effect on the voluntary intake of hay, of changes in the amount of reticulo-rumen contents. *British Journal of Nutrition* 15(3):531. 1961.
13. _____, FREER, M. y BALCH, C. C. Factors affecting the voluntary intake of feed by cows. 2. Factors affecting the voluntary intake of straw by cows. 3. The effect of urea on the voluntary intake of straw. *British Journal of Nutrition* 16(1):115. 1962.
14. COMMONWEALTH BUREAU OF PASTURES AND FIELD CROPS. Research techniques in use at the Grassland Research Institute. Bulletin no. 45. 1961. 168 p.
15. COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION. Division of Animal Genetics. Annual Report 1966-67. 1967. 39 p.
16. CONRAD, H. R. Symposium of factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: physiological and physical factors limiting feed intake. *Journal of Animal Science* 25(1):227-235. 1966.
17. _____, 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(1):54. 1964.
18. CZARNOCKI, J., SIBBALD, I. R. y EVANS, E. V. The determination of chromic oxide in samples of feed and excreta by acid digestion and spectrophotometry. *Canadian Journal of Animal Science* 41(1):167-169. 1961.
19. DE ALBA, J. La capacidad de consumo en relación con el estudio de los ferrajes. *Turrialba* 9(3):74-78. 1959.
20. DOWDEN, D. R. y JACOBSON, P. R. Inhibition of appetite in dairy cattle by certain intermediary metabolites. *Nature* 188(4745):148-149. 1960.
21. FRESNILLO M., O. Digestibilidad y energía digestible de algunos subproductos del trópico. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1962. 41 p.
22. HARDISON, W. A. et al. Observation of the use of chromic oxide for estimating the fecal output of dairy animals. *Journal of Dairy Science* 42(2):346-352. 1959.

23. HEANEY, D. P. y PIGDEN, W. J. Forage intakes by sheep having a wide range of live weights. *Journal of Animal Science* 26(4):935. 1967.
24. HODGSON, J. The relationship between the digestibility of a sward and the herbage consumption of grazing calves. *Journal of Agricultural Science* 70(1):47-51. 1968.
25. _____ y WILKINSON, J. M. The influence of the quantity of herbage offered and its digestibility on the amount by grazing cattle. *Journal of the British Grassland Society* 23(1):75-80. 1968.
26. _____ y WILKINSON, J. M. The relationship between live-weight and herbage intake in grazing cattle. *Animal Production* 9(3):365-376. 1967.
27. HOLMES, W., JONES, G. W. y DRAKE BROCKMAN, R. M. The food intake in grazing cattle. II. The influence of size of animal on feed intake. *Animal Production* 3(3):251-260. 1961.
28. HOLTER, A. J. y REID, J. T. Relationship between the concentration of crude protein and apparently digestible protein in forages. *Journal of Animal Science* 18(3):1339-1344. 1959.
29. ITURBIDE, A.C. El óxido crómico como indicador externo para estimar producción fecal y consumo en pruebas de digestibilidad. *Turrialba* 17(3):304-313. 1967.
30. _____. Evaluación del sistema cromógeno óxido crómico para estimar el consumo y digestibilidad de forrajes en pastoreo directo. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, Institute Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1965. 136 p.
31. JUKO, C. D., BREDON, R. M. y MARSHAL, B. The nutrition of the zebu cattle. II. The techniques of digestibility trials with special reference to sampling, preservation and drying of feces. *Journal of Agricultural Science* 56(1):93-98. 1961.
32. KENNEDY, W. K. et al. Comparison of fecal pigments and fecal nitrogen as digestibility indicators in grazing cattle studies. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 2(3):627-638. 1959.
33. KLEIBER, M. *The fire of life; an introduction to animal energetics.* New York, Wiley, 1961. 454 p.

34. 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.
35. MAYER, J. y BATES, M. W. Blood glucose and food intake in normal and hypophysectomized, alloxan-treated rats. American Journal of Physiology 168(3):812-819. 1952.
36. MILFORD, R. y MINSON, D. J. The relation between the crude protein content of tropical pasture plants. Journal of the British Grassland Society 20(3):177-179. 1965.
37. MOODIE, E. W. y ROBERTSON, A. Dietary intake of the parturient cow. Research Veterinary Science 2(3):217. 1961.
38. O'SHEA, J. y MAGUIRE, M. F. Relationship between crude protein and digestible crude protein content of feedstuffs for ruminants. Irish Journal of Agricultural Research 6(1): 127-129. 1967.
39. PALADINES, O. Empleo de animales en investigaciones sobre pasturas. Uruguay, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Zona Sur, 1966. 106 p.
40. _____. Métodos in vitro para determinar el valor nutritivo de los forrajes. Uruguay, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Zona Sur, 1967. 157 p.
41. RAGSDALE, A. C. et al. Milk production and feed and water consumption responses of Brahman, Jersey and Holstein cows to change in temperature, 50° to 150°F and 50° to 80°F. Missouri Agricultural Experiment Station. Research Bulletin 460. 1950. 28 p.
42. RAYMOND, W. F. y MINSON, D. J. The use of chromic oxide for estimating the faecal production of grazing animals. Journal of the British Grassland Society 10(4):282-296. 1955.
43. REID, J. T. El valor relativo de los resultados agronómicos y con animales en investigaciones sobre pasturas. In Paladines, O. Empleo de animales en las investigaciones sobre pasturas. Uruguay, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Zona Sur, 1966. 106 p.
44. REID, R. L. Nutrition of the ruminant. Proceedings Seventh Easter School in Agricultural Science. London, University of Nottingham. Butterworth Scientific Publications, 1961. 168 p.

45. SOLARES T., L. Influencia de la época del año, fertilización y edad de los pastos sobre su digestibilidad en bovinos. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1962. 56 p.
46. TROELSEN, J. E. Pelleting of chromic oxide paper for administration to cattle and sheep. Canadian Journal of Animal Science 46(3):226-227. 1966.
47. VANJOEST, P. J. Symposium of factors influencing voluntary intake of herbage by ruminants: voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. Journal of Animal Science 24(3):834-843. 1965.
48. VOHNOUT M., K. Efecto de la fibra cruda en la nutrición de los bovinos en ambientes cálido húmedos. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1962. 56 p.
49. WEIR, W. F. Symposium of forage evaluation. IV. The use of oesophageal fistula, lignin and chromogen techniques for studying selective grazing and digestibility of range and pasture by sheep and cattle. Agronomy Journal 51(4): 235-237. 1959.
50. WITKE, E. G. Uso del Nitrógeno y cromógenos como índices fecales en combinación con óxido crómico para determinar el valor nutritivo de praderas en condiciones de pastoreo. Tesis Mag. Sci. La Estanzuela, Uruguay, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1962. 56 p.

A P E N D I C E

Cuadro 1. Digestibilidad de la MS, PC y NDT.

Pasto	Periodo	MS	PC	NDT
Pangola	1	69.02	74.42	72.90
	2	66.15	73.59	62.69
	3	69.77	75.07	65.24
	4	70.04	74.98	64.45
	\bar{X}	68.74	74.51	66.32
Guinea	1	67.72	69.86	61.14
	2	57.65	63.56	53.21
	3	57.64	62.40	55.47
	4	62.82	63.77	58.25
	\bar{X}	61.96	64.89	56.52

Cuadro 3. Consumo de energía digestible. Datos en Kg/día.

P A N G O L A											
Periodo 1		Periodo 2		Periodo 3		Periodo 4					
Edad meses	Peso Kg	Edad meses	Peso Kg	Edad meses	Peso Kg	Edad meses	Peso Kg	Edad meses	Peso Kg	CED	CED
22.5	150	16.6	152	13.4	153	17.7	154	3.79	3.79	3.79	2.13
21.2	165	16.4	185	24.3	174	19.2	185	3.45	3.45	3.45	3.54
22.6	200	22.7	217	25.5	747	26.3	212	3.76	3.76	3.76	3.78
39.3	250	34.3	250	36.0	280	24.6	239	4.53	4.53	4.53	4.79
29.5	260	32.7	281	33.1	307	36.2	279	5.80	5.80	5.80	5.08
36.7	300	32.4	298	29.6	336	34.6	324	6.55	6.55	6.55	5.93
39.7	346	69.3	347	29.3	330	30.2	346	7.16	7.16	7.16	7.07
50.8	385	35.8	358	134.2	372	87.2	381	7.20	7.20	7.20	7.21
51.6	431	68.4	395	173.8	398	138.5	414	8.07	8.07	8.07	6.30
83.3	457	137.0	425	108.8	431	143.3	425	7.46	7.46	7.46	7.64

G U I N E A											
Edad meses	Peso Kg	Edad meses	Peso Kg	Edad meses	Peso Kg	Edad meses	Peso Kg	Edad meses	Peso Kg	CED	CED
14.5	147	23.4	161	17.3	142	15.3	160	3.36	3.36	3.36	5.55
20.8	175	23.2	180	25.4	204	24.4	189	4.24	4.24	4.24	2.64
26.8	220	23.8	232	23.6	227	22.8	215	4.03	4.03	4.03	5.42
27.6	230	24.5	238	24.8	243	25.6	252	4.75	4.75	4.75	5.24
30.4	272	32.2	286	28.1	238	36.9	287	4.51	4.51	4.51	4.54
32.0	315	31.4	285	25.2	270	30.3	306	5.74	5.74	5.74	5.45
36.4	341	38.0	348	33.6	303	30.5	351	6.22	6.22	6.22	6.43
135.0	397	172.9	385	86.3	374	135.1	383	7.26	7.26	7.26	5.25
68.6	430	48.0	406	103.3	407	49.9	398	6.28	6.28	6.28	6.33
88.9	450	124.6	453	138.0	434	109.8	444	4.96	4.96	4.96	5.30

Cuadro 4. Consumo de NDT. Datos en Kg/día.

P A N G O L A												
Periodo 1			Periodo 2			Periodo 3			Periodo 4			
Edad meses	Peso Kg	CNDT										
22.5	150	2.40	16.6	152	3.22	13.4	153	3.53	17.7	154	2.00	
21.2	165	2.57	16.4	185	3.78	24.3	174	3.29	19.2	185	3.34	
22.6	200	2.93	22.7	217	3.69	25.5	247	3.61	26.3	212	3.57	
39.3	250	5.64	34.3	250	4.75	36.0	280	4.28	24.6	239	4.52	
29.5	260	4.41	32.7	281	4.44	33.1	307	5.48	36.2	279	4.56	
36.7	300	5.86	37.4	298	4.35	29.6	336	6.24	34.6	324	5.50	
39.7	346	5.49	69.3	347	7.28	29.3	330	6.82	30.2	346	6.61	
50.8	385	6.60	35.8	358	4.35	134.2	372	6.81	87.2	381	6.67	
51.6	431	5.71	68.4	385	7.31	173.8	398	7.77	138.5	414	5.94	
83.3	457	5.65	137.0	425	5.66	108.8	431	7.07	143.3	425	7.21	
G U I N E A												
14.5	147	3.96	23.4	161	3.00	17.3	142	3.04	15.3	160	5.25	
20.8	175	3.55	13.2	180	2.03	25.4	104	3.94	24.4	189	2.51	
26.8	220	7.28	23.8	232	5.06	23.6	227	3.80	22.8	215	5.04	
27.6	230	6.59	24.5	238	4.44	24.8	243	4.50	75.6	252	4.87	
30.4	272	6.30	32.2	286	3.89	28.1	238	4.14	36.9	287	4.27	
32.0	315	9.15	31.4	285	4.24	25.2	270	5.22	30.3	306	5.17	
36.4	341	4.28	38.0	348	4.86	33.6	303	5.94	30.5	351	6.15	
135.0	397	6.16	177.9	385	6.81	86.3	374	6.33	135.1	383	4.98	
68.6	430	7.59	48.0	406	4.73	103.3	407	5.74	49.9	398	5.89	
88.9	450	6.34	124.6	453	7.96	138.0	434	4.69	109.8	444	5.04	

Cuadro 5. Consumo de proteína. Datos en Kg/día.

P A N G O L A												
Periodo 1			Periodo 2			Periodo 3			Periodo 4			
Edad meses	Peso Kg	CP										
22.5	150	.714	16.6	152	.871	13.4	153	1.038	17.7	154	1.036	
21.2	165	.817	16.4	185	1.098	24.3	174	.986	19.2	185	.994	
22.6	200	.885	22.7	217	1.058	25.5	247	1.128	26.3	212	1.075	
39.3	250	1.634	34.3	250	1.396	36.0	280	1.233	24.6	239	1.319	
29.5	260	1.283	32.7	281	1.297	33.1	307	1.652	36.2	279	1.432	
36.7	300	1.732	32.4	298	1.210	29.6	336	1.833	34.6	324	1.725	
39.7	346	1.596	69.3	347	2.130	29.3	330	2.024	30.2	346	1.985	
50.8	385	2.026	35.8	358	1.255	134.2	372	2.044	87.2	381	2.010	
51.6	431	1.677	68.4	395	2.066	173.8	398	2.390	138.5	414	1.779	
83.3	457	1.746	137.0	425	1.622	108.8	431	2.126	143.3	425	2.122	
G U I N E A												
14.5	147	.978	23.4	161	.640	17.3	142	.592	15.3	160	1.033	
20.8	175	.877	23.2	180	.465	25.4	204	.832	24.4	189	.495	
26.8	220	1.802	23.8	232	1.023	23.6	227	.775	22.8	215	1.012	
27.6	230	1.593	24.5	238	1.114	24.8	243	.909	25.6	252	1.030	
30.4	272	1.543	32.2	286	.984	28.1	238	.810	36.9	287	.847	
32.0	315	2.093	31.4	285	1.023	25.2	270	1.099	30.3	306	1.091	
36.4	341	1.025	38.0	348	1.190	33.6	303	1.256	30.5	351	1.269	
135.0	397	1.595	172.9	385	1.769	86.3	374	1.444	135.1	383	1.122	
68.6	430	1.953	48.0	406	1.025	103.3	407	1.254	49.9	398	1.126	
88.9	450	1.624	124.6	453	2.014	138.0	434	.936	109.8	444	1.084	

Cuadro 6. Valores de R^2 de las ecuaciones para el consumo de MS en cada período.

	Período 1		Período 2		Período 3		Período 4	
	Logarit mica	Segundo grado	Logarit mica	Segundo grado	Logarit mica	Segundo grado	Logarit mica	Segundo grado
Pangola	.810	.972	.717	.972	.865	.968	.961	.967
Guinea	.998	.437	.781	.964	.743	.930	.374	.808

Cuadro 2. Consumo de materia seca. Datos en Kg/día.

P A N G O L A											
Periodo 1			Periodo 2			Periodo 3			Periodo 4		
Edad meses	Peso Kg	CMS	Edad meses	Peso Kg	CMS	Edad meses	Peso Kg	CMS	Edad meses	Peso Kg	CMS
22.5	150	3.79	16.6	152	4.83	13.4	153	5.32	17.7	154	3.11
21.2	165	4.34	16.4	185	6.09	24.3	174	4.96	19.2	185	5.12
22.6	200	4.70	22.7	217	5.87	25.5	247	5.78	26.3	212	5.53
39.3	250	8.76	34.3	250	6.15	36.0	280	6.32	24.6	239	6.79
29.5	260	6.81	32.7	281	7.20	33.1	307	8.46	36.2	279	7.37
36.7	300	9.19	32.4	298	6.72	29.6	336	9.39	34.6	324	8.88
39.7	346	8.47	69.3	347	11.82	29.3	330	10.37	30.2	346	10.22
50.8	385	10.75	35.8	358	6.97	154.2	372	10.48	87.2	381	10.35
51.6	431	9.01	68.4	395	11.47	173.8	398	12.24	138.5	414	9.16
83.3	457	9.27	137.0	425	9.00	108.8	431	10.89	143.3	425	10.96
22.72	294.4		43.8	290.8		60.8	502.8		55.78		
G U I N E A											
14.5	147	6.59	23.4	161	5.08	17.3	142	5.19	15.3	160	8.65
20.8	175	5.81	23.2	180	3.56	25.4	204	7.29	24.4	189	4.14
26.8	220	11.93	23.8	232	8.75	23.6	227	6.79	22.8	215	8.46
27.6	230	10.58	24.5	238	8.53	24.8	243	7.97	25.6	252	8.62
30.4	272	10.22	32.2	286	7.53	28.1	238	7.10	36.9	287	7.24
32.0	315	13.87	31.4	285	7.84	25.2	270	9.63	30.3	306	9.13
36.4	341	6.79	38.0	348	9.11	33.6	303	10.65	30.5	351	10.62
135.0	397	10.56	172.9	385	13.55	86.3	374	12.66	135.1	383	9.38
68.6	430	12.93	48.0	406	9.23	103.3	407	10.99	49.9	398	9.43
88.9	450	10.76	124.6	453	15.42	138.0	434	8.21	109.8	444	9.07