

ACEPTACION DE VARIAS ESPECIES DE GRAMINEAS TROPICALES
POR EL GANADO BOVINO EN PASTOREO

Tesis de Grado de Magister Scientiae

Eric Orlando Cataño

INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA

Centro de Enseñanza e Investigación

Departamento de Zootecnia

Turrialba, Costa Rica

Junio, 1970

ACEPTACION DE VARIAS ESPECIES DE GRAMINEAS TROPICALES
POR EL GANADO BOVINO 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

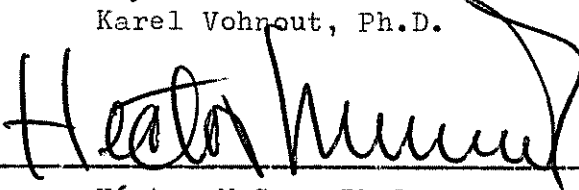
Permiso para su publicación, reproducción total o
parcial, debe ser obtenida en dicho Instituto

APROBADA:



Karel Vohnout, Ph.D.

Consejero



Héctor Muñoz, Ph.D.

Comité



Oliver Deaton, Ph.D.

Comité



Jorge Soria, Ph.D.

Comité

Junio, 1970

A mi esposa

A mis padres

A mis hermanos

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mis sinceros agradecimientos:

Al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, por haberme otorgado, a través de la Zona Norte, la beca para la realización de mis estudios de post-grado.

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

Al Dr. Gilberto Páez, por su desinteresada ayuda y criteriosa intervención en el análisis estadístico e interpretación de los resultados de esta tesis.

Al Dr. Héctor Muñoz, por su interés y cooperación en el desarrollo de la presente tesis.

Al Dr. Oliver Deaton, por sus acertados consejos.

Al Dr. Jorge Soria, por su oportuna colaboración.

Al Dr. Manuel Ruiz, por su acertada colaboración.

Finalmente deseo hacer extensivo mi agradecimiento a los señores profesores, por la voluntad y amistad brindada.

BIOGRAFIA

El autor nació en Colón, Panamá el 26 de agosto de 1942. Realizó sus estudios primarios y secundarios en el Colegio San José-La Salle en Colón. Cursó sus estudios universitarios en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, México, de donde egresó en 1966 con el título de Ingeniero Agrónomo Zootecnista.

En octubre 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 junio de 1970.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
LISTA DE CUADROS	vii
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1. Factores que determinan la aceptabilidad de los pastos	3
2.2. Métodos para determinar la aceptación	4
2.3. Consumo de forrajes tropicales	6
3. MATERIALES Y METODOS	8
3.1. Localización	8
3.2. Tratamientos	8
3.3. Animales	9
3.4. Determinaciones realizadas	9
3.5. Diseño experimental y análisis estadístico	10
3.5.1. Análisis de variancia	11
3.5.2. Análisis de covariancia	12
3.5.3. Análisis de relación	13
4. RESULTADOS Y DISCUSION	15
4.1. Consideraciones generales	15
4.2. Efecto de la composición química sobre el consumo de Materia Seca	19
4.2.1. Efecto de la especie forrajera	21
4.2.2. Efecto de la edad	24
4.2.3. Efecto de los períodos	28
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	30
6. RESUMEN	31
6a. SUMMARY	33
7. LITERATURA CITADA	35
APENDICE	39

LISTA DE CUADROS

Cuadro N ^o		<u>Página</u>
1	Distribución de los tratamientos según bloques y períodos	11
2	Consumo de Materia Seca, Altura, y Producción de materia verde	16
3	Análisis de Variancia y Covariancia múltiple para consumo de materia seca	17
4	Variabilidad relativa de los componentes asociados con cada fuente de variación	18
5	Efectos de características de los pastos sobre el consumo de materia seca expresados como coeficientes parciales de regresión estandarizados (Modelo lineal)	20
6	Composición química del forraje consumido .	22
7	Consumo de Proteína, Fibra Cruda, Extracto etéreo y Pared Celular	23
8	Consumo de Materia Seca de acuerdo con la edad del pasto	25
9	Composición química del forraje consumido en 4 y 6 semanas de edad	26
10	Consumo total de nutrientes de acuerdo a edades	27
11	Consumo de materia seca de acuerdo a los períodos	28

1. INTRODUCCION

Los pastos constituyen a la fecha presente el alimento fundamental de los bovinos. Debido a esta importancia es conveniente darles el manejo y la utilización en una forma adecuada. En términos generales los pastos tropicales, por su rápido crecimiento, tienen la tendencia a volverse rápidamente leñosos con el avance vegetativo. Esta lignificación causa una reducción del consumo del forraje. Es conocido que la aceptación varía entre las especies forrajeras, así como también dentro de cada especie, de acuerdo al estado vegetativo, pudiendo la variabilidad dentro de una misma especie ser aún mayor que entre especies. Existe considerable información sobre el manejo y productividad de las praderas, fundamentalmente estudios de tipo agronómico, sin embargo, muy poca importancia se le ha concedido en el Trópico a los estudios de aceptación de las especies forrajeras por el ganado. La información obtenida de los rendimientos agronómicos es de sumo interés, puesto que da la pauta inicial para una adecuada selección de especies. Sin embargo, el aspecto más importante de la evaluación de un forraje es la respuesta que dicho forraje puede producir en un animal. El grado de aceptación es uno de los datos de mayor valor puesto que la productividad del ganado es función directa del consumo de alimentos.

Los objetivos del presente trabajo fueron:

1. Comparar el consumo de 10 especies de pastos tropicales por el ganado bovino en pastoreo.

2. Determinar el grado de relación entre la aceptación de los pastos por bovinos en pastoreo y la composición química de los mismos.
3. Determinar si la variabilidad de aceptación entre las especies en estudio es mayor que dentro de una misma especie, debido al efecto de la edad del pasto.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Factores que determinan la aceptabilidad de los pastos

Se ha definido la aceptación como la atracción que ejercen los pastos sobre las diversas especies, razas y categorías de animales. Entre los factores que determinan la aceptabilidad se podría mencionar aquellos intrínsecos al vegetal y aquellos que dependen del animal.

El estado vegetativo, edad de la planta y su grado de lignificación son factores que afectan la aceptación puesto que a mayor crecimiento o edad de la planta, menor es el grado de aceptación (3, 34, 35, 36). Las hojas tiernas de los pastos son generalmente más aceptables por parte del ganado que los tallos y otras partes más fibrosas. Por consiguiente, las especies con una relación alta de hojas sobre los tallos son consumidas en mayor grado que las especies con relación contraria (19, 30).

Muchos investigadores han estudiado las relaciones entre la composición química de la planta y el grado de aceptación por parte del ganado y se han encontrado altas correlaciones positivas entre la concentración de principios nutritivos y aceptación de los pastos. También se ha mencionado la existencia de aceites esenciales y otros principios que afectarían el consumo (6, 15, 18, 21, 26). Sin embargo cuando se consideran varias especies forrajeras simultáneamente, parece ser que no hay una correlación consistente entre la composición química del forraje y su aceptabilidad (39). Quizás

sea más significativa la combinación de los componentes que la cantidad de cualquier compuesto químico considerado aisladamente. A pesar que la proteína y la fibra muestran la mejor correlación con la aceptación del forraje por el ganado (9), varios investigadores creen que el valor nutritivo total de las plantas es un mejor indicador de la aceptabilidad (10, 18, 26).

Otros factores que influyen en el consumo del pasto son las asociaciones de especies, suelo, topografía, temperatura, radiación solar y la lluvia (8, 11, 22), y fundamentalmente, el metabolismo del animal. Ivins (25) menciona que las especies, razas y categorías de animales, constituyen una de las muchas causas que determinan la aceptabilidad.

2.2. Métodos para determinar la aceptación

Entre los métodos usados para medir la aceptación de los forrajes por el ganado, se tienen fundamentalmente el "Examen visual", el "Método de la diferencia" y la determinación del consumo mediante indicadores. El "Examen visual" consiste principalmente en observaciones continuas del tiempo que duran los animales pastoreando cada especie (25). Dentro del método del examen visual existen algunas variantes, tales como el método de la estimación visual por parcela que consiste en observaciones en parcelas pequeñas de las cuales se estima el porcentaje de forraje removido en términos de peso y la estimación visual por promedio de plantas que consiste en estimaciones del peso de plantas individuales removidas, estos pesos

son luego promediados para obtener los datos de la parcela total. Sin embargo estos métodos no rinden información cuantitativa. Otro método es el "método de la diferencia", que se basa en medir la diferencia entre el rendimiento de materia seca de áreas protegidas del pastoreo y áreas de igual tamaño que han sido pastoreadas. Para este método se reportan también muchas variantes (14, 28, 34), especialmente relacionadas a factores de corrección para el pisoteo del pasto y el avance vegetativo entre el tiempo anterior y posterior al pastoreo. Existen ciertas dificultades en determinar con exactitud el consumo por diferencia entre rendimiento y residuo. La repetibilidad del método es función del área e intensidad del pastoreo. Un tercer método consiste en determinar el consumo de forrajes de cada animal mediante el uso de indicadores y parece ser el más preciso. Sin embargo, por este método no es posible hacer una separación de especies consumidas ó, en su defecto, requiere de grandes áreas que limitan grandemente el número de especies a compararse. Para tener la información de la aceptación de cada animal se requiere colección de material consumido por fístulas esofágicas o fístulas al rumen así como colección del material fecal (18, 19, 20, 27).

Parece que una combinación del método visual y el método de la diferencia sería el más indicado en experimentos en que se requiera comparar varias especies. Cowlshaw y Alder (11) recomienda que se efectuen observaciones continuas de cuales especies han sido pastoreadas primero y cuales han sido pastoreadas por último.

2.3. Consumo de forrajes tropicales

Numerosas investigaciones han señalado que la relación entre el consumo diario de materia seca y el peso corporal es curvilínea (1, 16, 32). Los mayores consumos pueden esperarse en animales jóvenes entre 100 y 200 Kg de peso vivo. De acuerdo con investigaciones efectuadas (3, 12, 23, 33), los consumos voluntarios de los forrajes pastoreados varían entre 1,5 y 3,5 Kgs. de materia seca por día por cada 100 Kgs. de peso vivo del animal. Mientras sea mayor el contenido de materia seca en el forraje, mayor será el consumo de materia seca por unidad de peso vivo (7, 13, 31). Con relación al pasto Guinea (Panicum maximum, Jacq.), para animales en pastoreo, se han obtenido, consumos diarios de materia seca entre 2,6 y 3,9% del peso vivo, desde animales pequeños hasta adultos (1). Se ha reportado que el consumo de energía digestible en este pasto, bajo condiciones de pastoreo, era equivalente a los rendimientos de mantenimiento y de una moderada producción de leche (17, 29). En el caso de la proteína para el mismo pasto, se ha reportado consumos relativamente mayores en base a los requisitos, que los de energía digestible (1, 17, 24, 29). En el pasto Pangola (Digitaria decumbens, Stent), también en pastoreo, se han indicado consumos diarios entre 1,8 y 3,8 Kgs. de materia seca por 100 Kgs. de peso vivo, con aportes de energía digestible semejantes a los del pasto Guinea. Sin embargo, el consumo de proteína con pasto Pangola ha sido siempre superior que con el pasto Guinea (1, 5, 17, 29).

Para el pasto Elefante (Pennisetum purpureum, Schumach) se han observado en estabulación consumos diarios de 1,93 a 4,22 Kgs. de materia seca por 100 Kgs. de peso vivo (35, 36). En el caso del pasto Imperial (Axonopus scoparius, Flugge) Hitch) se han reportado consumos diarios, en estabulación, de 1,6 a 2,9 Kgs. de materia seca por 100 Kgs. de peso vivo del animal (4, 38).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización

El experimento se desarrolló entre los meses de mayo de 1969 y mayo de 1970, en los campos de la Estación Experimental y laboratorios del Departamento de Zootecnia del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A., en Turrialba, Costa Rica. El valle de Turrialba se encuentra en una zona tropical-húmeda a una altitud de 600 m. con una precipitación promedio de 2.600 mm. anuales, que está repartida uniformemente a través de todo el año. La humedad relativa promedio es de 90% y la temperatura media de 22°C con escasa variabilidad anual.

3.2. Tratamientos

Las 10 especies de gramíneas experimentales utilizadas fueron las siguientes: Imperial (Axonopus scoparius, (Flugge) Hitch), Janeiro (Eriochloa polystachya, H.B.K.), Guinea fino (Panicum maximum, Jacq.), Guinea corriente (Panicum maximum, Jacq.), Pará (Brachiaria mutica, (Forsk) Stapf), Alemán (Echinochloa polystachya, Hitch), Elefante (Pennisetum purpureum, Schumach), Jaragua (Hyparrhenia ruffa, (Nees) Stapf), Setaria (Setaria sphacelata, Hubbord) y Buffel (Cenchrus ciliaris, Link). Las pruebas de aceptación se hicieron en brotes de 4 y 6 semanas de edad. Estas especies fueron establecidas en parcelas de 4 x 9 m. y tratadas con herbicidas con el fin de controlar las malezas.

3.3. Animales

Se trabajó con 10 novillas del hato lechero, con un peso vivo entre 150 a 200 kilos. Los animales no pastorearon nunca ninguna de las especies forrajeras del experimento antes de la realización del mismo. Durante 10 días previos a cada período experimental de pastoreo, los animales fueron confinados en potreros de Pangola (Digitaria decumbens, Stent). Al ser introducidas al área de pastoreo, se daba a las novillas un recorrido previo por las distintas parcelas experimentales siendo luego dispersadas. El control de los animales dentro del área experimental se efectuó mediante el uso de cerca eléctrica, pudiendo los animales seleccionar libremente la especie forrajera de su preferencia.

3.4. Determinaciones realizadas

Para la determinación de la aceptabilidad se utilizó el "método de la diferencia". Antes de introducir los animales se tomaron por cada tratamiento y al azar 4 muestras de forraje de un metro cuadrado cada una, determinándose altura de las plantas y rendimiento en kilos. Con las cuatro muestras de cada parcela se hizo una submuestra compuesta en la cual se efectuaron los análisis proximales siguiendo los métodos recomendados por Association of Official Agricultural Chemists (AOAC) para proteína, extracto etéreo, y fibra cruda (2). La estimación de la fibra también se efectuó utilizando el método del detergente neutro para determinación de la pared celular (40).

Una vez terminado cada pastoreo se realizaron cortes totales de las parcelas experimentales y se determinó el residuo total. Con una muestra representativa de este residuo se procedió a realizar los mismos análisis de laboratorio efectuados en el primer muestreo del forraje ofrecido.

El consumo fue calculado por diferencia entre la producción total del forraje y el residuo, tanto para la materia seca, como para los componentes de humedad, proteína, extracto etéreo, fibra cruda y pared celular. La composición química del forraje consumido se estimó como la relación entre total consumido de proteína, extracto etéreo, fibra cruda y pared celular (numerador) y materia seca consumida (denominador). El contenido de humedad del material consumido se determinó como 100-% de Materia Seca. El porcentaje de Materia Seca se estimó como función de la materia verde.

3.5. Diseño experimental y análisis estadístico

Para la interpretación de los resultados experimentales dos tipos principales de análisis estadísticos fueron utilizados. El análisis discriminatorio efectuado por medio del análisis de variancia y covariancia, y el análisis de relaciones funcionales efectuado por medio de una función lineal y una logarítmica. El arreglo de campo se ilustra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Distribución de los tratamientos según bloques y períodos^(a).

Períodos	Semanas		Bloques	
I	4	6	A	B
	6	4	C	D
II	6	4	A	B
	4	6	C	D

(a) Período I: agosto 1969 a octubre 1969.

Período II: octubre 1969 a enero 1970.

3.5.1. Análisis de variancia

Este análisis se llevó a cabo considerando el consumo bruto de pasto, de acuerdo al siguiente modelo matemático:

$$\begin{aligned}
 Y_{ijklmn} = & \mu + G_i + b_j(i) + P_k + \epsilon_{ijk} + e_l + (pe)_{kl} \\
 & + \epsilon_{ijkl} + tm + (pt)_{km} + (et)_{lm} + (pet)_{klm} + \epsilon_{ijklm} \\
 & + \epsilon_{ijklmn}
 \end{aligned}$$

donde:

- i = 1,2
- j = 1,2
- k = 1, 10
- l = 1,2
- m = 1,2
- n = 1,2

- Y_{ijklmn} = Consumo de materia seca en kilos
- μ = Media general de consumo
- S_i = Efecto del grupo "i" de bloques
- $b_{j(i)}$ = Efecto del bloque "j" dentro del grupo "i"
- P_k = Efecto de la "k" especie de pasto
- ϵ_{ijk} = Componente aleatorio (Error A) correspondiente al grupo "i", bloque "j" y pasto "k".
- e_l = Efecto de la edad "l" del pasto
- $(pe)_{kl}$ = Efecto de la interacción del pasto "k" y la edad.
- ϵ_{ijkl} = Componente aleatorio (Error B) correspondiente al grupo "i", bloque "j", pasto "k" y edad "l".
- t_m = Efecto del período o replicación "m" de la prueba de pastoreo.
- $(pt)_{km}$ = Efecto del pasto "k" y el período "m".
- $(et)_{lm}$ = Efecto de la edad "l" y el período "m".
- $(pet)_{klm}$ = Efecto del pasto "k", edad "l" y el período "m".
- ϵ_{ijklm} = Componente aleatorio (Error C) correspondiente al grupo "i", bloque "j", pasto "k", edad "l" y período "m".
- ϵ_{ijklmn} = Componente aleatorio del error de muestra debido a determinaciones de laboratorio.

3.5.2. Análisis de Covariancia

Este análisis se llevó a cabo sobre un modelo matemático idéntico al anterior pero con la incorporación de dos factores concomitantes: la altura del pasto y la producción total de forraje. A continuación se ilustra el modelo matemático.

$$Y_{ijklm} = \mu + G_i + b_{j(i)} + P_k + b_1 (\bar{X}_{1k} - \bar{X}_1) + b_2 (\bar{X}_{2k} - \bar{X}_2) \\ + \epsilon_{ijk} + \epsilon_l + (pe)_{kl} + \epsilon_{ijkl} + t_m + (pt)_{km} \\ + (et)_{lm} + (pet)_{klm} + \epsilon_{ijklm}$$

donde:

b_1 = Coeficiente de regresión parcial de Y sobre la covariancia X_1 (altura de la planta) manteniendo constante el volumen total de producción X_2 .

b_2 = Coeficiente de regresión parcial de Y sobre la covariable volumen total de producción X_2 manteniendo constante la altura X_1 .

Los demás términos tienen las mismas definiciones dadas en el modelo del Análisis de Variancia.

3.5.3. Análisis de Relación

El objetivo de este análisis fue la detección de algunas relaciones funcionales importantes de la variable consumo de Materia Seca con respecto a una serie de variables concomitantes, correspondientes a la composición química del forraje consumido.

Todas las relaciones fueron investigadas dentro de cada especie de pasto para poder eliminar el efecto de la especie forrajera, investigado con el análisis de la variancia.

Modelo lineal:

$$Y_i = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_4 X_4 + b_5 X_5 + b_6 X_6 + b_7 X_7 \\ = b_0 + \sum_{i=1}^7 b_i X_i$$

donde:

- Y = % consumo de materia seca (MS)
- X₁ = " " " proteína (P)
- X₂ = " " " fibra cruda (FC)
- X₃ = " " " extracto etéreo (EE)
- X₄ = " " " pared celular (PC)
- X₅ = " " " agua (H)
- X₆ = Altura de la planta en centímetros
- X₇ = Materia verde ofrecida o producción en kilos

Modelo de Cobb-Douglas:

$$Y_i = b_0 X_1^{b_1} X_2^{b_2} \dots \dots \dots X_7^{b_7}$$
$$= b_0 \prod_{i=1}^7 X_i^{b_i}$$

Las variables fueron definidas en el modelo anterior.

donde:

- Y = % consumo de materia seca (MS)
- X₁ = " " " proteína (P)
- X₂ = " " " fibra cruda (FC)
- X₃ = " " " extracto etéreo (EE)
- X₄ = " " " pared celular (PC)
- X₅ = " " " agua (H)
- X₆ = Altura de la planta en centímetros
- X₇ = Materia verde ofrecida o producción en kilos

Modelo de Cobb-Douglas:

$$Y_i = b_0 X_1^{b_1} X_2^{b_2} \dots X_7^{b_7}$$
$$= b_0 \prod_{i=1}^7 X_i^{b_i}$$

Las variables fueron definidas en el modelo anterior.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Consideraciones generales

En el Cuadro 2 se presenta el consumo de Materia Seca. Estos resultados no se han expresado, en la forma usual, como consumo relativo al peso del animal, porque las novillas pastoreaban simultáneamente todas las especies de pastos, y durante un tiempo de sólo 8 a 10 horas.

El análisis de Variancia y Covariancia para el consumo de Materia Seca se presenta en el Cuadro 3, para mayor detalle del análisis de covariancia se puede consultar el Cuadro 1 del Apéndice. El Cuadro 4 indica los componentes de variancia estimados.

Del Cuadro 4 se puede observar que las variancias debidas al Error (C) y a pastos constituyeron las mayores fuentes de variabilidad. La variabilidad de los efectos de edades y períodos fue más bien moderada, observándose ciertas tendencias definidas aunque sin llegar a la significancia estadística de $P \leq 0,05$ (Cuadro 3) y que se corroboran en el Cuadro 4 en el que sólo 3% de la variabilidad total fue debida a edades y únicamente 1% debida a períodos.

Cuadro 2. Consumo de Materia Seca (MS), Altura y Producción de Materia Verde (MV).

Pastos	(b)		r1	Producción		r2	(a)		Consumo (c) corregido MS, Kg.
	Consumo MS, Kg.	Altura cm.		MV, Kg.	Pastos		(a)	(a)	
Elefante	3,69	74,34	,71**	43,48	Alemán	,76**		3,70	
Alemán	3,54	60,08	,66**	28,46	Pará	,86**		3,22	
Janeiro	2,81	35,78	,11	19,29	Elefante	,09		3,05	
Setaria	2,80	51,81	,49**	28,83	Guinea fino	,62**		2,71	
Pará	2,60	56,73	,85**	22,91	Guinea corriente	,97**		2,62	
Guinea fino	2,55	46,44	,33	19,69	Jaragua	,40*		2,27	
Imperial	2,32	35,08	,58**	17,44	Setaria	,97**		2,19	
Guinea corriente	2,24	49,84	,60**	20,31	Janeiro	,70**		2,10	
Jaragua	1,96	42,88	,44*	16,43	Buffel	,75**		2,04	
Buffel	1,13	35,34	,08	7,14	Imperial	,75**		1,79	
Promedio	2,57							2,57	

(a) = Diferencias que abarcan el mismo trazo no son significativas, a la izquierda con $P \leq 0,05$, derecha con $P \leq 0,01$, según la prueba de Duncan.

(b) = Por 5 novillas, por parcela de 36 m² en 8 horas de pastoreo según descrito en Materiales y Métodos.

(c) = Ajuste por covariancia según descrito en Materiales y Métodos (para mayores detalles ver Cuadro 2 del Apéndice).

r1 = Correlación entre Materia Seca y Altura.

r2 = Correlación entre Materia Seca y Producción.

* = Significativo ($P \leq 0,05$).

** = Significativo ($P \leq 0,01$).

Cuadro 3. Análisis de Variancia y Covariancia múltiple para consumo de Materia Seca.

Fuentes de Variación	G.L.	C.M.	G.L. ajustado (a)	C.M. ajustado (a)
Grupos	1	4,7629		
Bloque/Grupo	2	1,8951		
Pastos	9	17,5136**	9	1,7483**
Error (A)	27	2,0815	25	,6098
Edades	1	18,3840		
Pasto x Edad	9	1,6381		
Error (B)	30	5,4351		
Períodos	1	8,4110		
Pastos x Períodos	9	7,0982		
Edades x Períodos	1	1,0350		
Pastos x Edades x Períodos	9	1,1762		
Error (C)	60	4,1318		
Error de laboratorio	160	0,0001		

** = Significativo ($P \leq 0,01$).

(a) = Ajuste por covariancia, según se describió en "Materiales y Métodos".

Cuadro 4. Variabilidad relativa de los componentes asociados con cada fuente de variación.

Fuentes de Variabilidad (a)	G.L.	C.M.	Esperanza matemática del C.M.	Componentes de variancia (b)
Pastos (P)	9	17.5136	$\sigma_d^2 + 2\sigma_c^2 + 4\sigma_b^2 + 8\sigma_a^2 + 32\sigma_p^2$	17,48
Error (A)	27	2.0815	$\sigma_d^2 + 2\sigma_c^2 + 4\sigma_b^2 + 8\sigma_a^2$	0,00
Eddes (e)	1	18.3840	$\sigma_d^2 + 2\sigma_c^2 + 4\sigma_b^2 + 160\sigma_e^2$	3,13
Error (B)	39	4.5589	$\sigma_d^2 + 2\sigma_c^2 + 4\sigma_b^2$	4,22
Períodos (p)	1	8.4110	$\sigma_d^2 + 2\sigma_c^2 + 160\sigma_p^2$	0,98
Error (C)	79	4.0939	$\sigma_d^2 + 2\sigma_c^2$	74,19
Error (D)	150	0.0001	σ_d^2	0,00

(a) Error (A) = Error (A) del Cuadro 3

Error (B) = Error (B) del Cuadro 3 + Pasto x Edad

Error (C) = Error (C) del Cuadro 3 + Pasto x Período + Edad x Período + Pasto x Edad x Período.

(b) Por ciento de la variabilidad total.

4.2. Efecto de la composición química sobre el consumo de
Materia Seca

Del Cuadro 5 se puede observar que los constituyentes químicos actuaron en forma característica para cada especie forrajera, sin poderse identificar una tendencia definida de los efectos. A pesar de que algunos efectos resultaron significativos, se nota que cambiaron de magnitud y hasta de signo, según el pasto, independientemente de la altura de la planta o de la cantidad de forraje ofrecido. Esta situación es algo similar a la reportada por Vant Soest (39), quien encontró un efecto similar para la fibra cruda y para la pared celular, ofreciendo diversas especies forrajeras a ganado estabulado.

Estos resultados son opuestos a la hipótesis de trabajo del presente experimento, puesto que se esperaba que la composición química tuviese una tendencia definida sobre el consumo, independientemente de la especie vegetal. La interpretación fisiológica resulta difícil. Se puede especular que, debido al tiempo corto de pastoreo permitido a los animales, no hubo el factor limitante de consumo como es el llenado de la panza. En tales circunstancias, actuaría únicamente el componente subjetivo del factor que se conoce con el nombre de aceptabilidad. Aceptabilidad puede ser sinónimo de consumo, siendo el componente subjetivo el sabor. Nótese que el tiempo de pastoreo para que los animales comieran el forrajero por libre selección de especies fue sólo de 8 a 10 horas.

Cuadro 5. Efectos de características de los pastos sobre el consumo de materia seca expresados como coeficientes parciales de regresión estandarizados (modelo lineal).

Pastos	% Pro- teína	% Fibra cruda	% Extrac- to etéreo	% Pared celular	% Agua (a)	Altura	Producción
Alemán	-,26	,09	,05	,13	-,18	-,40	1,13**
Buffel	,10	,02	-,41**	,28*	-,27*	-,13	,71**
Elefante	-,10	,36**	-,16	,21	-,22	,00	,62*
Guinea corriente	-,03	,09	-,10	-,41*	-,02	-,06	,79**
Guinea fino	-,25	,42*	-,69**	-,15	,01	,31	,20
Imperial	,15*	-,02	-,06	,13*	-,11	,03	1,02**
Jaragua	,03	-,44	-,37	,17	,18	,33	,42
Janeiro	-,50	-,05	-,05	,02	,67	,25	-,05
Pará	-,28*	-,15	,12	-,03	,02	,32**	,72**
Setaria	-,30	,01	-,27	,40**	-,15	-,72*	1,38**

* Significativo ($P \leq 0,05$)

** Significativo ($P \leq 0,01$)

(a) Agua en por ciento de materia verde

Comparando los ajustes obtenidos con las funciones lineal y logarítmica, no se notan diferencias evidentes y los coeficientes mostraron, en términos generales, las mismas tendencias con las dos funciones (Cuadro 3 y 4 del Apéndice). La justificación para el uso de la función logarítmica fue únicamente de origen empírico.

4.2.1. Efecto de la especie forrajera

Como se observa en el Cuadro 2, el pasto Elefante presentó los mayores consumos de Materia Seca, y el Buffel los menores. Las diferencias entre especies fueron significativas ($P \leq 0,01$). Los pagos que presentaron el mayor consumo fueron aquellos de mayor crecimiento y producción.

En el mismo Cuadro 2 se puede observar el alto nivel de correlación entre la altura y producción forrajera con el consumo de Materia Seca. Estos mismos efectos se observaron también en el Cuadro 5, expresados como coeficientes de regresión estandarizados. De acuerdo con estos resultados, tratándose de pasturas formadas por la asociación de varias especies forrajeras, los efectos de la altura y de la producción de materia verde sobre el consumo de materia seca con los bovinos en pastoreo resultan los factores dominantes en la competencia entre las especies. Sin embargo, al corregir los promedios para el efecto de la altura de la planta y producción de materia verde de las diversas especies, los resultados fueron diferentes, favoreciendo al pasto Alemán y pasando el Elefante a tercer lugar. Una vez eliminados estos efectos se tendría el

consumo en la forma como se presentaría si la determinación se hubiera realizado sobre cada especie por separado, que es lo que sucede frecuentemente en potreros formados con una sola especie dominante.

Del Cuadro 6 se observa que el pasto Elefante presentó la mayor concentración de proteína con un valor promedio de 12,23% así como el menor valor de fibra cruda con 26,91% y pared celular con 51,46%. El pasto Pará también presentó un porcentaje de proteína relativamente alto (12,12%). El contenido proteico de los demás pastos estuvo por debajo de 10,8%.

Cuadro 6. Composición química del forraje consumido. Datos en por ciento de materia seca.

Pastos	Proteína	Fibra cruda	Extracto etéreo	Pared celular	Agua*
Elefante	12,23	26,91	4,37	51,46	82,59
Pará	12,12	28,00	3,82	59,06	80,55
Guinea corriente	10,79	29,30	4,01	59,91	78,46
Setaria	10,75	27,77	4,92	57,05	83,70
Buffel	10,74	32,82	4,44	58,27	76,13
Guinea fino	10,60	29,43	3,79	61,62	78,73
Alemán	10,21	30,44	3,65	59,39	82,16
Imperial	9,74	28,49	4,10	57,34	84,93
Jaragua	8,46	33,13	3,57	61,29	73,58
Janeiro	8,30	29,89	2,66	60,36	74,94

* = Por ciento de Materia Verde.

El Cuadro 7 se obtuvo combinando los Cuadros 2 y 6. De acuerdo con los datos ofrecidos no es sorprendente encontrar que los máximos consumos de proteína ocurrieron con los pastos Elefante y Alemán. El consumo de la proteína del Pará no fue alto, a pesar del alto contenido proteico (Cuadro 6), debido al bajo consumo de materia seca (Cuadro 2). Sin embargo, si se observa el consumo de proteína corregido, el pasto Pará parece ser de igual valor que el Elefante y Alemán (Cuadro 7). El menor consumo real de proteína se obtuvo con el pasto Buffel; esta situación no mejoró mucho cuando se hizo la corrección por covariancia.

Cuadro 7. Consumo de Proteína (P), Fibra Cruda (FC), Extracto Etéreo (EE) y Pared Celular (PC). Datos en kilos (a).

Pastos	Proteína		Fibra cruda		Extracto etéreo		Pared celular	
	(b)	(c)	(b)	(c)	(b)	(c)	(b)	(c)
Elefante	,45	,37	,99	,82	,16	,13	1,90	1,57
Alemán	,36	,38	1,08	1,13	,13	,14	2,10	2,20
Pará	,32	,39	,73	,90	,10	,12	1,54	1,90
Setaria	,30	,24	,78	,61	,14	,11	1,60	1,25
Guinea fino	,27	,29	,75	,80	,10	,10	1,57	1,67
Guinea corriente	,24	,28	,66	,77	,09	,11	1,34	1,57
Janeiro	,23	,17	,84	,63	,07	,06	1,70	1,27
Imperial	,23	,17	,66	,51	,10	,07	1,33	1,02
Jaragua	,17	,19	,65	,75	,07	,08	1,20	1,39
Buffel	,12	,22	,37	,67	,05	,09	0,66	1,19

(a) = Consumo por 5 novillas por parcela de 36 m², en 8 horas, según Materiales y Métodos.

(b) = Valores reales

(c) = Valores corregidos por covariancia según se indica en Materiales y Métodos.

4.2.2. Efecto de la edad

Como se puede observar en el Cuadro 8, se encontró que los mayores consumos de Materia Seca ocurrieron cuando las especies forrajeras tenían 6 semanas de edad, con excepción del pasto Janeiro. Sin embargo, las diferencias entre edades no llegaron a ser significativas estadísticamente, debido a la magnitud del error experimental. Si las diferencias fueron reales esto estaría en contradicción con los resultados de otros trabajos (3, 34, 35, 36), puesto que generalmente el pasto se lignifica con el avance del período vegetativo y su consumo disminuye.

La variabilidad debida a edades fue aproximadamente igual que la variabilidad debida a especies (Cuadro 4). Sin embargo, en el presente experimento se contó sólo con pastos de 4 y 6 semanas, que resulta ser un espaciamiento bastante estrecho. Si las diferencias entre edades hubieran sido mayores, la variabilidad hubiera sido mayor al valor encontrado.

Del Cuadro 9 se observa que para todos los pastos considerados en el experimento la mayor concentración de proteína fue cuando tenían cuatro semanas de edad. En términos generales las mayores concentraciones de fibra acontecieron a las seis semanas de edad, lo cual concuerda con lo reportado por algunos investigadores en el sentido de que el contenido de proteína está correlacionado negativamente con el contenido de fibra (9, 26). El pasto Pará fue el que mostró la mayor concentración de proteína con un valor de

Cuadro 8. Consumo de Materia Seca de acuerdo con la edad del Pasto. Datos en kilos (a).

Pastos	4 Semanas	6 Semanas
Elefante	3,30	4,10
Alemán	3,06	4,02
Janeiro	3,03	2,60
Setaria	2,38	3,23
Pará	2,32	2,88
Guinea corriente	2,18	2,29
Guinea fino	2,15	2,96
Imperial	1,92	2,72
Jaragua	1,91	2,39
Buffel	1,01	1,25
Promedio	2,32	2,84

(a) = Consumo por 5 novillas por parcela de 36 m², en 8 horas de pastoreo, según Materiales y Métodos.

14,68% cuando tenía cuatro semanas de edad, presentando a la vez la menor concentración de fibra con un valor de 25,38%. Los pastos Jaragua y Janeiro resultaron ser los que presentaron la menor concentración de proteína, con valores de 9,30% y 9,27%, respectivamente, y también resultaron ser los que tuvieron más concentración de fibra cruda con valores de 33,69% y 31,05%, respectivamente.

Cuadro 9. Composición química del forraje consumido en 4 y 6 semanas de edad. Datos en por ciento de materia seca.

Pastos	% Proteína		% Fibra cruda		% Extracto etéreo		% Pared celular		% Agua (a)	
	4	6	4	6	4	6	4	6	4	6
Pará	14,68	9,55	25,38	30,63	4,05	3,58	57,65	60,46	82,94	78,16
Elefante	13,03	11,44	27,13	26,69	3,93	4,80	52,52	52,46	85,31	79,86
Guinea corriente	12,06	9,52	23,01	30,59	4,15	3,86	55,54	64,27	79,09	77,84
Guinea fino	12,05	9,15	27,05	31,82	3,38	4,20	56,60	66,65	78,59	78,88
Setaria	10,96	10,54	27,43	28,11	4,24	5,60	56,53	57,57	84,16	82,23
Imperial	10,96	8,53	28,26	28,72	4,58	3,61	55,17	59,51	85,78	84,08
Alemán	10,95	9,46	28,38	32,51	3,45	3,85	59,69	59,10	83,12	81,21
Buffel	10,94	10,54	32,90	32,74	3,55	5,34	58,11	58,43	78,52	73,74
Jaragua	9,30	7,62	32,56	33,69	3,71	3,44	58,11	64,48	76,82	70,35
Janeiro	9,27	7,34	28,72	31,05	2,73	2,59	61,09	59,65	77,58	72,30
Promedio	11,42	9,37	28,58	30,66	3,78	4,09	57,10	60,26	81,10	77,97

(a) En por ciento de Materia Verde.

En el Cuadro 10 se puede observar los valores obtenidos para el consumo total de nutrimentos de acuerdo a cada una de las edades de las especies forrajeras. El consumo de proteína fue en promedio igual para las dos edades consideradas. En cambio el consumo de fibra cruda fue mayor a las seis semanas de edad. La implicación de estos resultados en el manejo de las pasturas, es que se podría utilizar los pastos entre los intervalos de edad de 4 y 6 semanas con igual beneficios. No fue posible identificar diferencias de calidad y además, la interacción Pastos x Edades no fue significativa.

Cuadro 10. Consumo total de nutrimentos de acuerdo a edades, kilos (a).

Pastos	Proteína		Fibra cruda		Extracto etéreo		Pared celular	
	4 s.	6 s.	4 s.	6 s.	4 s.	6 s.	4 s.	6 s.
Elefante	,43	,47	,89	1,09	,13	,20	1,73	2,15
Alemán	,34	,38	,87	1,30	,11	,15	1,83	2,37
Pará	,34	,28	,59	,88	,09	,10	1,34	1,74
Janeiro	,28	,19	,87	,80	,08	,07	1,85	1,54
Setaria	,26	,34	,65	,91	,10	,18	1,35	1,85
Guinea fino	,26	,27	,58	,94	,07	,12	1,21	1,97
Guinea corriente	,26	,22	,61	,70	,09	,08	1,21	1,47
Imperial	,21	,23	,54	,78	,09	,10	1,06	1,62
Jaragua	,18	,15	,62	,68	,07	,07	1,11	1,30
Buffel	,11	,13	,41	,41	,04	,07	0,59	0,73
Promedio	,27	,27	,66	,85	,09	,11	1,33	1,67

(a) = Consumo por 5 novillas por parcela de 36 m², en 8 horas, según Materiales y Métodos.

4.2.3. Efecto de los periodos

En el Cuadro 11 se observa que existió un mayor consumo en el primer periodo el cual abarcó desde agosto de 1969 al 30 de octubre de 1969, en comparación con el segundo periodo el cual comprendió desde el 30 de octubre al 13 de enero de 1970. Sin embargo, las diferencias no fueron significativas. Esta tendencia a un mayor consumo de MS en el primer periodo se observa en aquellas especies forrajeras de mayor crecimiento. Tal es el caso del Elefante, Alemán, Pará, Janeiro y Guineas.

Cuadro 11. Consumo de materia seca (MS) de acuerdo a los periodos.
Datos en kilos (a).

Pastos	I Período	II Período
Elefante	4,59	2,80
Alemán	3,78	3,29
Pará	3,41	1,79
Janeiro	3,06	2,57
Guinea fino	2,75	2,36
Setaria	2,73	2,88
Guinea corriente	2,65	1,83
Imperial	1,91	2,72
Jaragua	1,44	2,49
Ruffel	0,96	1,30
Promedio	2,73	2,40

(a) Consumo por 5 novillas por parcela de 36 m², en 8 horas de pastoreo, según Materiales y Métodos.

Estas diferencias podrían deberse a factores climáticos que pu
dieron haber influido sobre el consumo voluntario en los animales
experimentales, ya sea actuando directamente sobre el comportamien-
to de los animales experimentales (37) o sobre el crecimiento de la
planta, afectando su composición química (29).

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Basados en el consumo de Materia Seca y de Proteína, los pastos Elefante, Alemán y Pará resultaron ser los mejores.
2. Cuando el pastoreo del ganado es simultáneamente sobre diversas especies forrajeras, los pastos que presentan el mayor consumo de Materia Seca son los que tienen la mayor altura de las plantas y el mayor rendimiento.
3. La composición química de los pastos afecta el consumo, pero de manera característica a cada especie.
4. Los resultados relativos a los efectos de la edad, no son suficientemente conclusivos, debido al margen estrecho entre las edades experimentales, pudiéndose utilizar el pasto, con igual beneficio tanto en las 4 como en las 6 semanas.
5. Se recomienda que en futuros experimentos, la evaluación de los pastos se continúe, incluyendo los siguientes factores:
 - a) Aumentar el tiempo de pastoreo, con el fin de que, además del factor aceptabilidad, se evidencie el llenado de la panza como otro factor limitante del consumo de forrajes.
 - b) Incrementar el número de edades, con el fin de obtener funciones de producción.

6. RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba, Costa Rica. Tuvo como objetivos comparar el consumo de 10 especies de pastos tropicales por el ganado bovino en pastoreo, determinar el grado de relación entre la aceptación de los mismos y su composición química, así como determinar si la variabilidad de aceptación entre las especies es mayor que dentro de una misma especie, debido al efecto de la edad del pasto.

Para la determinación del consumo se contó con 10 novillas del hato lechero, las cuales no habían pastoreado previamente ninguna de las especies forrajeras del experimento, esta restricción se impuso con el objeto de evitar que el animal tenga una posible preferencia pre-experimental por algún pasto incluido en el ensayo. El control de las novillas dentro del área experimental se efectuó mediante el uso de cercas eléctricas.

Para la determinación de la aceptabilidad se utilizó el método de la diferencia, o sea, el consumo fue calculado por diferencia entre la cantidad total del forraje ofrecido y el residuo, tanto para materia seca, como para humedad, proteína, extracto etéreo, fibra cruda y pared celular.

Dos tipos principales de análisis estadísticos fueron efectuados: el análisis discriminatorio (análisis de variancia y covariancia) y el análisis de relaciones funcionales (ajustando una función lineal y una logarítmica).

El consumo de los pastos considerados fueron significativamente diferentes ($P \leq 0,01$). Los más altos consumos de materia seca se observaron en el pasto Elefante, Alemán y Janeiro. Estos pastos a su vez fueron los que presentaron mayor altura y producción, el más bajo consumo se obtuvo con el pasto Buffel. Para el consumo de proteína el pasto Elefante, Alemán y Pará fueron los mejores, siendo el Buffel el menos consumido.

Los efectos de los constituyentes químicos sobre el consumo fueron característicos para cada especie forrajera y no se observaron efectos similares en todas las especies. No se obtuvieron diferencias significativas entre edades de pastos (4 y 6 semanas) en lo que respecta a composición química y consumo.

6a. SUMMARY

The study reported herein was conducted at the Inter-American Institute of Agricultural Sciences, Turrialba, Costa Rica. The objectives were 1) to compare the consumption of 10 species of tropical grasses by cattle, 2) to determine the relationship between the acceptability of these grasses and their chemical composition, and 3) to find out whether the variability of acceptability among species is greater than that within species, as affected by the age of the grass.

Ten dairy heifers were used to evaluate the consumption. These animals were chosen so that none of them had grazed any of the experimental grasses in order to eliminate possible preferences due to previous dietary experience. The animals were restricted to the experimental area with the use of electrical fences.

Acceptability was determined by the method of difference, i.e., the difference between the amount of grass offered and the amount of grass remaining in the field after grazing. Proximal analyses and determinations of cell wall were conducted on both the pasture before and after grazing.

The data were analyzed via two systems: a discriminatory one (variance and covariance analyses) and an analysis of functional relationships (adjusting linear and logarithmic functions).

Grass consumption differed significantly ($P \leq 0,01$) among species. The largest consumption of dry matter were observed with

Elephant, Aleman and Janeiro while the lowest was obtained with Buffel grass. For protein consumption the highest consumption was observed in Elephant, Aleman and Para while the lowest was Buffel grass.

No consistent effects of the chemical constituents on consumption were observed among grasses.

No significant differences were noted among the different grasses between 4 and 6 weeks of age in respect to chemical composition and consumption.

7. LITERATURA CITADA

1. ANRIQUE, R. Consumo de pasto Guinea (Panicum maximum) y Pango la (Digitaria decumbens) por bovinos en pastoreo directo a diferentes edades y pesos corporales. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1969. 54 p. (Mecanografiada)
2. ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. Official methods analysis. 9th. ed. Washington, D. C., 1960. 832 p.
3. AZMAN, D. C. Palatability and chemical composition of soilage of sugar cane seeding No. 199 and Napier grass. Philippine Agriculturist 35(6):333-337. 1951.
4. BASADRE, J. G. Estudio del valor forrajero y los métodos agrónómicos del pasto Imperial. Tesis Mag. Agri. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1953. 108 p.
5. BEAUDOUIN, J. Efectos de la melaza sobre el consumo de pasto en bovinos. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1968. 40 p.
6. BLASER, R. E., et al. The effect of selective grazing on animal output. In International Grassland Congress, 8th., University of Reading, England, 1960. Proceedings. Oxford, England, 1960. pp. 601-606.
7. BRESSANI, R., et al. Composición química y digestibilidad de siete plantas forrajeras de Guatemala. Turrialba (Costa Rica) 8(3):117-122. 1958.
8. BUTTERWORTH, M. H., GROOM, C. G. y WILSON, P. N. The intake of Pangola grass (Digitaria decumbens, Stent.) under wet- and dry-season conditions in Trinidad. Journal of Agricultural Science 56(3):407-410. 1961.
9. COOK, C. W. The effect of site on the palatability and nutritive content of seeded wheat grasses. Journal of Range Management 12:289-292. 1959.
10. _____, STODDART, L. A. y HARRIS, L. E. Comparative nutritive value and palatability of some introduced and native forage plants for spring and summer grazing. Utah Agricultural Experiment Station. Bulletin 385. 1956. 39 p.

11. COWLISHAW, S. J. y ALDER, F. E. The grazing preference of cattle and sheep. *Journal of Agricultural Science* 54(2): 257-265. 1960.
12. CRAMPTON, E. N. Interrelations between digestible nutrient and energy content, voluntary dry matter intake, and overall feeding value of forages. *In* American Association for the Advancement of Science. Grasslands; a symposium presented at the New York meeting of the American Association for the Advancement of Science, 1956. Howard B. Sprague ed. Washington, 1959. pp. 205-212.
13. DODSWORTH, T. L. y CAMPBELL, W. H. Effect of the percentage of dry matter in the diet on the dry-matter intake in ruminants. *Nature* 170:1128-1129. 1952.
14. FENLEY, J. M. A one-man for table livestock enclosure. *Journal of Range Management* 4:112-113. 1951.
15. FONTENOT, J. P. y BLASER, R. E. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: selection and intake by grazing animals. *Journal of Animal Science* 24(4):1202-1208. 1965.
16. GARRIGUS, W. P. y RUSH, H. P. Some effects of the species and stage of maturity of plants on forage consumption of grazing steers of various weights. *Illinois Agricultural Experimental Station. Bulletin* 454. 1939. 36 p.
17. GUARROCHENA, R. Efectos de la estabulación y del alimento con centrado en el consumo de pastos por vacas lecheras en pas toreo. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1969. 42 p.
18. HARDISON, W. A., et al. Degree of herbage selection by grazing cattle. *Journal of Dairy Science* 37:89-102. 1954.
19. HEADY, H. F. y TORELL, D. T. Forage preferences exhibited by sheep with esophageal fistulas. *Journal of the Range Management* 12:28-34. 1959.
20. HERCUS, B. H. Plant cuticle as an aid to determining the diet of grazing animals. *In* International Grassland Congress, 8th., University of Reading, England, 1960. *Proceedings.* Oxford, England, 1960. pp. 443-447.
21. HOBBS, C. S., GALLUP, J. D. y TAYLOR, B. R. The composition and apparent digestibility of bluestem grass in the growing stage, and in the dry and hay stages when supplemented with cottonseed cake. *Journal of Animal Science* 4:395-402. 1945.

22. HURD, R. M. y POND, F. W. Relative preference and productivity of species on summer cattle ranges. *Journal of the Range Management* 11:109-114. 1958.
23. INNES, R. F. Notes on the chemical composition of some grasses in Jamaica. Jamaica. Department of Science and Agriculture Bulletin No. 35. 1947. 31 p.
24. ITURBIDE, A. C. Evaluación del sistema cromógeno óxido crómico para estimar el consumo y digestibilidad de forrages en pastoreo directo. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1965. 136 p.
25. IVINS, J. D. The relative palatability of herbage plants. *Journal of the British Grassland Society* 7:43-54. 1953.
26. JOHNSTONE-WALLACE, D. B. The influence of grazing management and plant association on the chemical composition of pasture plants. *Journal of American Society Agronomy* 29(6): 441-445. 1937.
27. LESPERANCE, A. L., et al. Measuring selective grazing with fistulated steers. *Journal of Dairy Science* 43:1615-1622. 1960.
28. LINEHAN, P. A. Use of cage and mower-strip methods for measuring the forage consumed by grazing animals, In International Grassland Congress, 6th, State College, Pa., 1952. Proceedings. Washington, 1952. pp. 1328-1333.
29. LOUIS, S. Estimación de consumo y digestibilidad de forrajes tropicales en pastoreo directo. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1967. 58 p.
30. MILFORD, R. Criteria for expressing nutritional values of subtropical grasses. *Australian Journal of Agricultural Reserach* 2(2):121-137. 1960.
31. NURDOCH, J. C. The effect of pre-wilting herbage on the composition of silage and its intake by cows. *Journal of the British Grassland Society* 15(1):70-73. 1960.
32. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requeriments of beef cattle. IV. Washington, D. C., National Academy of Sciences, 1963. 30 p.
33. _____. Nutrient requirements of Domestic Animals. IV. Washington, D. C., National Academy of Sciences, 1958. 32 p.

34. REID, J. T. 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.
35. _____, et al. Symposium on forage evaluation. What is forage quality from the animal standpoint? Agronomy Journal 51(4):213-217. 1959.
36. ROUX, H. H. Efectos estacionales de edad y fertilización en el crecimiento y aceptación por el ganado de pasto elefante. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1960. 108 p.
37. 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.
38. 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.
39. VAN SOEST, P. J. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. Journal of Animal Science 24:834-843. 1965.
40. _____. Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages. Journal of Animal Science 26:119-128. 1967.

A P E N D I C E

Cuadro 1. Análisis de covariancia del efecto de bloque, pasto, período y edad sobre el consumo usando como variable concomitante, la altura de la planta y su producción en materia verde.

Fuentes de variación	G.L.	SCX ₁	SCX ₂	SPX ₁ X ₂	SPX ₁ Y	SPX ₂ Y	SCY	S.C. debido a Regresión	S. C. y ajustado	G. L. ajustado	C. M. ajustado
Grupo	1	80,87	785,88	252,10	13,89	43,31	2,39				
Bloque/Grupo	2	525,58	188,45	224,67	- 5,58	11,34	1,90				
Pastos	9	22.927,12	13.380,06	15.742,10	1.017,27	926,98	78,95	63,22	15,73	9	1,75**
*Error (a)	27	1.976,56	2.338,17	1.928,00	91,32	151,88	28,08	12,84	15,24	25	0,61
**Pasto + Error (a)	36	24.903,68	15.718,23	17.670,10	1.108,59	1.078,86	107,03	76,06	30,97		
Edad	1	5.321,67	2.452,35	3.612,57	221,46	150,34	9,22				
Pasto x Edad	9	2.366,25	888,20	1.342,23	57,20	44,92	7,37				
Error (b)	30	4.019,63	4.976,19	3.780,09	360,90	488,37	86,31				
Períodos	1	3.770,86	311,37	1.083,57	125,93	36,19	4,21				
Pasto x Período	9	4.183,70	3.831,69	3.723,64	271,24	300,43	31,91				
Edad x Período	1	123,91	167,69	- 144,10	- 8,03	9,33	0,52				
Pasto x Edad x Período	9	578,42	342,90	325,87	-21,36	18,13	5,32				
Error (c)	60	6.845,63	5.317,41	4.605,37	596,26	610,44	119,34				
TOTAL	159	52.720,20	34.990,36	36.764,31	2.720,50	2.701,66	375,52				

+ = Los dos coeficientes parciales de regresión del consumo sobre la variable concomitante X_1 (altura de la planta) y X_2 (Producción de Materia Verde) se obtuvieron en la forma siguiente:

$$\begin{bmatrix} 1976,56 & 1928,00 \\ 1928,00 & 2338,17 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 91,32 \\ 151,88 \end{bmatrix}$$

Resolviendo la ecuación se obtiene:

$$\begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -0,087691 \\ 0,137264 \end{pmatrix}$$

de donde la suma de cuadrado debido a Regresión correspondiente al componente error resulta ser:

$$\begin{aligned} SCR &= b_1 \sum X_{1i} Y_i + b_2 \sum X_{2i} Y_i \\ &= 12,8397 \end{aligned}$$

La suma de cuadrado ajustado para error después de eliminar el efecto de las dos covariables es:

$$\begin{aligned} SC \text{ ajustado (error)} &= SCY \text{ error} - SC \text{ debido a Regresión} \\ &= 28,08 - 12,84 \\ &= 15,24 \end{aligned}$$

++ = Los dos coeficientes de regresión, correspondiente a los componentes Error + Pasto se obtuvo de la siguiente forma:

$$\begin{bmatrix} 24.903,68 & 17.670,10 \\ 17.670,10 & 15.718,23 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.108,59 \\ 1.078,86 \end{bmatrix}$$

Resolviendo la ecuación se obtiene:

$$\begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -0,020686 \\ 0,091752 \end{pmatrix}$$

de donde la suma de cuadrado debido a Regresión correspondiente a Error + Pasto es:

$$\begin{aligned} \text{SC debido a Regresión} &= -22,93 + 98,99 \\ &= 76,06 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{La SC ajustado de (Error + Pasto)} &= 107,03 - 76,06 \\ &= 30,97 \end{aligned}$$

De la resultante de SC (Error + Pasto) ajustado y SC Error ajustado se obtiene por diferencia la SC (Pasto) ajustado ó sea:

$$\begin{aligned} \text{SC (Pasto) ajustado} &= \text{SC (Error + Pasto) ajustado} \\ &\quad - \text{SC Error ajustado} \\ &= 30,97 - 15,24 \\ &= 15,73 \end{aligned}$$

Cuadro 2. Medias de consumo por pastos, ajustadas por covariancia múltiple, tomando como variables concomitantes la altura de la planta y su producción de materia verde.

Pasto	\bar{X}_{1i}	\bar{X}_{2i}	$b_1(\bar{X}_{1i} - \bar{Y}_1) + b_2(\bar{X}_{2i} - \bar{X}_2)$	\bar{Y}_i	\bar{Y}_{ia}
Alemán	60,08	28,46	- ,16	3,54	3,70
Buffel	35,34	7,14	- ,91	1,13	2,04
Elefante	74,34	43,48	+ ,65	3,70	3,05
Guinea corriente	49,84	20,31	- ,38	2,24	2,62
Guinea fino	46,44	19,69	- ,16	2,55	2,71
Imperial	35,08	17,44	+ ,53	2,32	1,79
Jaragua	42,88	16,43	- ,30	1,97	2,27
Janeiro	35,78	19,29	+ ,81	2,81	2,10
Pará	56,80	23,01	- ,62	2,60	3,22
Setaria	51,75	28,74	+ ,61	2,80	2,19

donde:

\bar{X}_{1i} = Altura promedio en centímetros del pasto "i"

\bar{X}_{2i} = Producción promedio de materia verde del pasto "i"

\bar{X}_1 = Media general para altura del pasto

\bar{X}_2 = Media general para producción de materia verde del pasto

b_1 = $-,08769$ coeficiente de regresión parcial de consumo sobre la altura del pasto "i"

b_2 = $,137264$ coeficiente de regresión parcial del consumo sobre la producción de materia verde del pasto "i"

\bar{Y}_i = Media de consumo sin ajustar del pasto "i"

\bar{Y}_{ia} = Media de consumo ajustado mediante la siguiente ecuación

$$\bar{Y}_{ia} = \bar{Y}_i - b_1(\bar{X}_{1i} - \bar{X}_1) - b_2(\bar{X}_{2i} - \bar{X}_2)$$

Cuadro 3. Efectos de la composición química, humedad, altura y producción sobre el consumo de Materia Seca. Modelo lineal.

Pastos	Coeficientes parciales de Regresión							R ²	
	b ₀	% P b ₁	% F b ₂	% EE b ₃	% PC b ₄	% H (a) b ₅	Altura b ₆		Producción b ₇
Alemán	8,1188	-,1647	,0421	,0489	,0389	-,0913	-,0576	,1508**	,8642
Buffel	1,4661	,0269	,0023	-,1133**	,0277*	-,0311*	-,0139	,1468**	,8379
Elefante	0,4120	-,0971	,2020**	-,1731	,0506	-,0634	,0001	,0554*	,8491
Guinea corriente	3,7654	-,0135	,0183	-,0673	-,0538*	-,0043	-,0056	,1079**	,7095
Guinea fino	0,7817	-,1111	,1177*	-,5246**	-,0167	,0027	,0362	,0303	,7864
Imperial	2,9688	,0671*	-,0142	-,0680	,0279*	-,0519*	,0049	,1155**	,9622
Jaragua	0,0668	,0144	-,0783	-,2586	,0238	,0232	,0294	,0530	,6472
Janeiro	..4,0221	-,2264	-,0140	-,0461	,0016	,1086	,0345	-,0111	,2499
Pará	-0,1725	-,1104*	-,0739	,1263	-,0074	,0058	,0524**	,1175**	,9674
Setaria	5,4123	-,2255	,0023	-,1460	,0812**	-,0642	-,0486*	,1291**	,7825

* Significativo (P ≤ 0,05)

** Significativo (P ≤ 0,01)

(a) En por ciento de Materia Verde.

Cuadro 4. Efectos de la composición química, humedad, altura y producción sobre el consumo de Materia Seca. Modelo logarítmico.

Pastos	Coeficientes parciales de Regresión								R ²
	b ₀ (a)	% P b ₁	% F b ₂	% EM b ₃	% PC b ₄	% H (b) b ₅	Altura b ₆	Produc- ción b ₇	
Alemán	0,6249	-,5292	,1930	-,0044	,7998	-,5929	-,4938	,8272**	,8913
Buffel	0,0017	,1112	,9386*	-,3607	2,0169**	-,1,1623	-,2311	,5282*	,8512
Elefante	0,0141	-,5637	1,6453**	-,0919	,5711*	-,4899	-,3733	,8365**	,9208
Guinea co- rriente	15345,0000	,2629	,7318	-,3546	-,2,4971*	-,7857	-,2703	1,0467**	,7059
Guinea fino	0,0051	-,5133	2,5975**	-,9451**	-,1,0071	,4362	,4336	,1153	,7304
Imperial	574250,0000	,2845**	-,3362	-,1780**	,2862	-,3,5511**	,0384	,9846**	,9883
Jaragua	0,0023	,7819	,8571	,0580	-,8323	,7025	-,1368	1,0632**	,7323
Janeiro	0,0000	-,6851	1,2957	,1244*	,1982	4,1730**	,4295	-,0424	,3915
Pará	0,0019	-,5953	,0838	-,0623	,4393	,1907	,5184	1,1518**	,8475
Setaria	5,3125	-,4380	-,0148	-,6042*	,9360*	-,8095	-,8063**	1,2860**	,8789

* = Significativo (P ≤ 0,05)

** = Significativo (P ≤ 0,01)

(a) = Después de obtener el antilogaritmo

(b) = En por ciento de materia verde