

Predicción del consumo de pastos en base a fracciones químicas y parámetros de digestión^{*1/}

—DANILO PEZO**, KAREL VOHNOUT**, CARLOS LEON VELARDE***, ARNULFO CAMARGO

ABSTRACT

The use of chromogens, lutein, indigestible protein, lignin, silica and in vitro dry matter indigestibility as estimators of forage consumption by cattle was studied in six tropical grasses. Acceptable estimates of grass consumption were obtained by using indigestible protein and permanganate lignin as tracers ($r^2 = 0.78$ and 0.71 , respectively). Dry matter indigestibilities at 48 and 96 hours and the potential indigestibility value resulted in more reliable consumption prediction ($r^2 = 0.86$, 0.92 and 0.91 , respectively). Neither chemical fractions nor digestibility parameters were of significant value to predict dry matter intake. It is concluded that forage intake can be predicted from the relation $\text{Dry Matter Intake} = (\text{Fecal Dry Matter}) (100)/(100 - \text{in vitro Digestibility})$.

Introducción

PARA poder desarrollar una metodología que permita predecir la producción de ganado vacuno en pastoreo es necesario poder determinar el consumo de pasto. Sin embargo, aún no se cuenta con un método confiable. Para la medida del consumo en pastoreo se han propuesto métodos directos o agronómicos y métodos indirectos de indicadores. La poca precisión observada en las estimaciones del consumo hechas mediante técnicas agronómicas (24) ha llevado a la preferencia de los métodos indirectos. La metodología desarrollada con forrajes de zona templada no está suficientemente perfeccionada (8, 12, 34) y es poca la información existente sobre el uso de estas técnicas en forrajes tropicales (2).

El desarrollo de métodos de análisis químico con mayor sentido biológico que los métodos tradicionales (28) y de técnicas *in vitro* para la determinación de la digestibilidad (30) han abierto nuevas posibilidades en la evaluación nutritiva de forrajes. Conforme a estas consideraciones, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el uso de varios indicadores químicos y de parámetros de digestión *in vitro* en la estimación del consumo de pasto por vacuno.

Materiales y métodos

Se utilizaron muestras provenientes de 18 ensayos de consumo y digestibilidad por colección total (31), con 72 vacunos de razas Criollo, Jersey y Criollo x Jersey, cuyos pesos oscilaban entre 150 y 450 kilos. Los animales consumieron pastos correspondientes a cortes a las 4, 8 y 12 semanas, de seis gramíneas tropicales: Pangola (*Digitaria decumbens* Stent), Guinea (*Panicum maximum* Jacq), Elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach), Patá (*Brachiaria mutica* (Forsk.) Stapf), Alemán (*Echinochloa polystachia* (H.B.K.) Hitch) y Gamalote (*Paspalum fasciculatum* Willd).

En las muestras de forraje ofrecido y rechazado y en las heces se determinaron las fracciones consideradas en el sistema propuesto por Gozring y Van Soest (9) Nitrógeno, determinado por el método de micro Kjeldahl (2) Concentración de proteína indigerible estimada mediante la ecuación: $\%PI = 3,480 + 0,074 (\%FC)$ [1], donde PI = proteína indigerible y FC = proteína cruda (17) Luteína, colectada por cromatografía en capa fina, previa extracción de los pigmentos totales por destilación en soxhlet durante cuatro horas (11); luego de una dilución en etanol, la lectura en espectrofotómetro se hizo a 446 nm de longitud de onda Cromógenos, según la técnica propuesta por Iturbide y Bateman (18) Digestibilidad de materia seca a 3, 6, 12, 24, 48 y 96 horas, usando la fase celulolítica de la técnica de digestión *in vitro* (30) Las relaciones matemáticas usadas para la estimación de la composición química y digestibilidad en el forraje consumido,

* Recibido para la publicación el 25 de marzo de 1977

1/ Parte del trabajo de tesis de los Estudiantes Graduados Danilo Pezo, Carlos León Valverde y Arnulfo Camargo, para optar el grado de Mr. Sci en la Escuela para Graduados del IICA, Turrialba, Costa Rica

** Departamento de Ganadería Tropical, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica

*** IICA, Santo Domingo, República Dominicana

así como la definición de los parámetros de velocidad de digestión, han sido descritas previamente (26)

Para la estimación del consumo de materia seca utilizando los cromógenos, luteína, proteína indigerible, lignina, sílice y lignocelulosa (FDA) como indicadores en técnicas de relación, se utilizó la ecuación: $MSC = (\%IH/\%IC) MSH$ [2], donde: MSC = cantidad de materia seca consumida, MSH = cantidad de materia seca fecal, IC = concentración del indicador en la materia seca consumida e IH = concentración del indicador en la materia seca fecal. Con los datos de digestibilidad *in vitro* de la materia seca a 48 y 96 horas y con el valor de digestibilidad potencial, el consumo se estimó a partir de la relación: $MSC = (MSH/(100 \cdot D) \cdot 100$ [3], donde: D = por ciento de digestibilidad

El consumo estimado se comparó con el observado, mediante la función: $Y = b_0 + b_1 X$ [4], donde: Y = consumo observado de materia seca (kg/día), b_0 = valor de Y cuando X es cero, b_1 = coeficiente de regresión y X = consumo de materia seca estimado por la relación [2] ó [3]. De acuerdo a la hipótesis de nulidad (H_0) si el comportamiento del indicador se ajusta a la relación [2] ó [3], la ecuación [4] debe presentar los valores $b_0 = 0$ y $b_1 = 1$,

Para la predicción del consumo en base a fracciones químicas y parámetros de digestión se probaron modelos lineales, logarítmicos, geométricos y cuadráticos, en análisis de regresión simple. El consumo de materia seca expresado en base al peso metabólico ($P^{0.75}$) fue la variable dependiente y los constituyentes de pared celular, lignocelulosa, hemicelulosa, celulosa, lignina, sílice, proteína, la digestibilidad *in vivo* de la materia seca, y las tasas de aceleración e inhibición de la digestión como variables independientes. Para predecir el consumo de materia seca por unidad de peso metabólico se

utilizaron las tasas de aceleración e inhibición de la digestión, conjuntamente con algunas fracciones químicas, en análisis de regresión múltiple.

Resultados y discusión

Estimación del consumo utilizando indicadores químicos

En el Cuadro 1 se muestran los coeficientes de regresión según la ecuación [4], para las estimaciones de materia seca consumida hecha con base en indicadores químicos y parámetros de digestión. Se puede observar que de los indicadores químicos sólo la proteína indigerible y la lignina cumplieron con la hipótesis propuesta de que b_0 y b_1 no diferían significativamente de 0 y 1, respectivamente. Sin embargo, el valor predictivo de las funciones ($r^2 = 0,78$ y $0,71$, para proteína indigerible y lignina, respectivamente) fue menor que para ligno-celulosa, cromógenos y sílice ($r^2 = 0,90$, $0,87$ y $0,86$, respectivamente).

Debe tenerse cuidado al usar la proteína indigerible como indicador de consumo, puesto que ha sido estimada a partir de la ecuación empírica [1]. En esta ecuación se considera la proteína indigerible sólo dependiente de la proteína cruda del forraje ingerido, cuando también puede estar influida por la concentración de fracciones fibrosas en el alimento ingerido (9)

Con relación a lignina, se encontró gran variabilidad en la recuperación "aparente" de este indicador. Mientras que en Pangola se logró una recuperación de 159,4% en Gamalote fue de sólo 58,3%. La digestibilidad promedio de la lignina para todos los pastos y edades estudiadas fue de 7,9%, valor que es similar

Cuadro 1 — Regresiones intra-clase de los consumos estimados usando diferentes indicadores y los consumos observados en seis pastos tropicales¹

	$b_0 \pm sb_0$	$b_1 \pm sb_1$	r^2
Cromógenos	0,454* \pm 0,057	0,942 \pm 0,049	0,874
Luteína	2,788* \pm 0,338	0,522* \pm 0,107	0,254
Proteína indigerible	0,127 \pm 0,074	1,122 \pm 0,081	0,782
Lignina	0,308 \pm 0,314	1,042 \pm 0,079	0,713
Sílice	0,739* \pm 0,177	2,225* \pm 0,105	0,864
Ligno-celulosa	0,104 \pm 0,174	1,902* \pm 0,076	0,900
Digestibilidad <i>in vitro</i> 48 horas	0,298 \pm 0,205	1,024 \pm 0,050	0,855
Digestibilidad <i>in vitro</i> a 96 horas	0,228 \pm 0,147	0,952 \pm 0,033	0,923
Digestibilidad potencial (1/a)	0,215 \pm 0,156	0,940 \pm 0,034	0,914

¹ $H_0: b_0 = 0$ $H_0: b_1 = 1$

* Significante P: 0,01

a los promedios de digestibilidad citados en la literatura (7, 34). La gran variación observada en la digestibilidad de la lignina es producto de la falta de uniformidad química de esta fracción. Existen fracciones de lignina con diferente capacidad de ser hidrolizadas en el sistema digestivo (27). Además, existe la posibilidad que en los procesos digestivos (1) o en el secado de las heces (10) se hayan formado compuestos que aparecen como lignina en el análisis químico.

La sílice presentó una digestibilidad promedio de -11,5%, lo que podría deberse a contaminación del pasto ofrecido con material del suelo (14). En contraste, en el pasto Elefante se obtuvo una digestibilidad para sílice de 14,5%, indicando una posible solubilización a nivel ruminal (4). A pesar de que el valor predictivo fue aceptable ($r^2 = 0,86$), la falta de comprobación de las hipótesis de nulidad, sugiere precaución en la utilización del método.

La ligno-celulosa (FDA) no ha sido utilizada anteriormente como indicador. En el presente trabajo, a pesar del valor de $r^2 = 0,90$ en la regresión del consumo observado vs el estimado, el valor de b_1 fue diferente de uno ($P \leq 0,01$). Esto implica una subestimación del consumo cuando se usa este indicador, al ser la ligno-celulosa parcialmente digerible (48,2% en el presente estudio). Sin embargo, al tratarse de una fracción de determinación química fácil, y considerando el alto valor de predicción observada, se podría usar la ligno-celulosa como indicador corrigiéndola por su digestibilidad, tal como se ha propuesto para otras fracciones parcialmente digeribles (32).

En el caso de los cromógenos hubo una recuperación "aparente" de 81%, lo que ha determinado que el valor b_0 difiera significativamente ($P \leq 0,01$) de cero. Este valor de 81% resulta inferior al encontrado por Iturbide y Bateman (19), quienes con la misma técnica (lecturas a 415 nm luego de 24 horas de reposo) obtuvieron recuperaciones "aparentes" cercanas a 100%. El problema de la recuperación "aparente" incompleta que se ha observado en el presente estudio, puede ser debida a que hay absorción de los pigmentos en los procesos digestivos o a la inestabilidad del color de los pigmentos después de la extracción (19). Además por tratarse de muestras secas de forraje, pueden haberse producido transformaciones químicas como consecuencia del secado.

La luteína tuvo el valor predictivo más bajo ($r^2 = 0,25$). La recuperación fue de 72% en promedio, variando de 36,1 a 124,4% en función de pasto analizado. Son válidas las mismas consideraciones expresadas para cromógenos.

Estimaciones del consumo utilizando parámetros de digestión como indicadores.

En el Cuadro 1 también se muestran los coeficientes de regresión según la ecuación [4], para las estimaciones de MSC en base a las digestibilidades determinadas *in vitro* a 48 y 96 horas y en base a la diges-

tibilidad potencial (26). No se han considerado las digestibilidades a 3, 6, 12 y 24 horas, debido a que la confiabilidad de las predicciones fue muy baja.

Al usar los valores de digestibilidad *in vitro* de la materia seca a 48 (D48) y 96 horas (D96) y la digestibilidad potencial (1/a) como estimadores del consumo, los parámetros de las regresiones no difirieron de los valores propuestos ($b_0 = 0$, $b_1 = 1$). Las confiabilidades de las predicciones ($r^2 = 0,86$, $0,92$ y $0,91$, para D48, D96 y 1/a, respectivamente), fueron mayores que para los indicadores químicos. Estas diferencias radican posiblemente en que los indicadores químicos se suponen indigeribles, cuando realmente no lo son. El que se obtenga mejores predicciones del consumo con D96 y 1/a que con D48, puede deberse a que se trabajó sólo con la fase de digestión celulolítica. A las 48 horas posiblemente no se alcanzó un valor equivalente a la digestibilidad *in vivo* (21).

Predicciones del consumo con base en fracciones químicas

La confiabilidad de las predicciones del consumo con base en fracciones fibrosas o proteínas, tanto al nivel de pastos individuales como de todos los pastos, fue muy baja, pese a que en algunos de los casos se alcanzó significación estadística.

Las predicciones del consumo hechas con base en constituyentes de pared celular (FDN), ligno-celulosa (FDA), lignina permanganato (L) y sílice (Si), que alcanzaron significación ($P \leq 0,01$ para FDN y Si; $P \leq 0,05$ para FDA y L) tienen valores de r^2 bastante menores que los observados en forrajes de zona templada (21, 29). En el presente estudio los consumos de forrajes fueron en general muy bajos y posiblemente influidos por el comportamiento social y el manejo en confinamiento (15, 16), que son factores difíciles de cuantificar. Esto determina que la composición química deba usarse para estimar el consumo sólo bajo condiciones muy restringidas.

Predicción del consumo con base en parámetros de digestión

En el Cuadro 3 se presentan los valores de r^2 de las predicciones del consumo de materia seca con base en la digestibilidad *in vivo* de la materia seca, y las tasas de aceleración (c) e inhibición de la digestión (ac) (26). A pesar de que en algunos casos se encontró significancia estadística, los valores predictivos de las funciones desarrolladas son muy bajas. Las mismas consideraciones hechas en la evaluación de las fracciones químicas es válida aquí. Los valores de r^2 aumentaron algo al utilizar conjuntamente la composición química y los parámetros de digestibilidad (Cuadro 4); sin embargo, el método no es confiable.

Los resultados obtenidos en el presente estudio no implican que el "llenado del rumen" no sea el mecanismo más importante de regulación del consumo en forrajes como los estudiados (5). Estos forrajes se caracterizan

Cuadro 2—Valores de r^2 de la predicción del consumo de materia seca por kilo de peso metabólico ($P^{0.75}$) en función de diferentes fracciones químicas

Pasto	FND	FDA	H	C	I	Si	P
Gamalote	0,01 LI	0,19 C	0,11 C	0,11 C	0,01 C	0,17 C	0,13 C
Alemán	0,11 C	0,01 G	0,15 C	0,09 C	0,01 C	0,41 C*	0,04 C
Guinea	0,32 LI, C	0,18 C*	0,54 LI, C**	0,37 C*	0,39 C*	0,16 C	0,25 C
Pará	0,00	0,28 C	0,08 C	0,06 LI, C	0,01 LG	0,09 C	0,17 C
Elefante	0,08 LI	0,22 C	0,06 C	0,34 C*	0,25 C	0,34 C*	0,26 C
Pangola	0,03 LI	0,26 LG	0,06 C	0,14 G*	0,04 C	0,18 G	0,45 G*
Todos	0,15 C**	0,05 C*	0,03 LI, C	0,03 C	0,08 C*	0,10 C**	0,4 C

LI = Modelo Lineal
 LG = Modelo logarítmico
 G = Modelo Geométrico
 C = Modelo Cuadrático

* Significante $P \leq 0.05$

** Significante $P \leq 0.01$

por su alto contenido de fibra difícil de ser desdobladas físicamente en la rumia y químicamente en la hidrólisis celulolítica por acción de los microorganismos del rumen (3, 25). En los ensayos *in vivo* (31) los animales estuvieron consumiendo por debajo de su capacidad física, ya sea por problemas de manejo o de acostumbramiento al forraje ofrecido. Esto implica que los animales no alcanzaron un nivel de estabilidad. Esto es un extremo importante pues se acostumbra realizar pruebas de consumo en lapsos muy cortos. Otro factor que pudo afectar los resultados es que al estimar las tasas de digestión del forraje consumido se han supuesto

Cuadro 3—Valores de r^2 de la predicción del consumo de materia seca por kilogramo de peso metabólico en función de parámetros de digestión

Pasto	DMS <i>in vitro</i>	Tasa de aceleración de digestión (c)	Tasa de inhibición de digestión (ac)
Gamalote	0,27 C	0,04 C	0,10 C
Alemán	0,16 C	0,19 C	0,26 C
Guinea	0,05 LG	0,45 C*	0,40 C*
Pará	0,37 LG*	0,07 C	0,12 C
Elefante	0,61 C**	0,06 C	0,05 C
Pangola	0,63 C**	0,36 C*	0,32 C
Todos	0,35 C**	0,00	0,01 C

iguales tasas para el forraje ofrecido y el rechazado, sin considerar el carácter selectivo del consumo *ad libitum* (6)

Sistema propuesto para estimar el consumo en pastoreo

Basándose en los resultados obtenidos, se propone el método de relación, utilizando los parámetros de digestión como indicadores en la estimación del consumo

Cuadro 4—Valores de r^2 de la predicción del consumo de materia seca por kilogramo de peso metabólico ($P^{0.75}$) en función de parámetros de velocidad de digestión y algunas fracciones químicas

Pasto	c + ac	c + ac + FDA	c + ac + FDA	c + ac + FDA + P
Gamalote	0,31	0,19	0,33	0,71*
Alemán	0,37	0,48	0,37	0,48
Guinea	0,26	0,39	0,31	0,29
Pará	0,08	0,10	0,08	0,08
Elefante	0,00	0,15	0,13	0,15
Pangola	0,09	0,18	0,09	0,22
Todos	0,01	0,025	0,06	0,26**

* Significancia a nivel ($P \leq 0.05$)

** Significancia a nivel ($P \leq 0.01$)

De estos parámetros la D48, a pesar de que predice con menor confiabilidad ($r^2 = 0,86$) el consumo que D96 y 1/a ($r^2 = 0,92$ y $0,91$, respectivamente), tiene la ventaja de ser determinada en menor tiempo que D96 y de manera menos tediosa que 1/a. Hay que anotar que al tratarse de un método biológico y no químico está sujeto a mayor variabilidad. Sin embargo, ésta puede ser controlada en parte por estandarización de la dieta del animal donante (22) y de los procedimientos *in vitro* (33). La forma de obtener muestras representativas del forraje consumido debería ser utilizando animales fistulados al esófago como muestreadores (23). Las muestras obtenidas por este procedimiento se contaminan con el suelo y minerales de la saliva (14), por lo que sería necesario expresar la digestibilidad en términos de materia orgánica.

La estimación de la producción fecal, el otro componente de la ecuación [5], podría hacerse por colección total o mediante el uso de óxido crómico (13). Si bien no se han observado diferencias entre ambos procedimientos, es todavía un área que merece mayor estudio. El mayor problema es la dosificación diaria con óxido crómico.

Resumen

Se estudiaron los cromógenos, lutéina, proteína indigerible, lignina, sílice, ligno-celulosa, digestibilidad e indigestibilidad *in vitro*, como parámetros para la estimación del consumo de pasto por vacunos. Se trabajó con Pangola (*Digitaria decumbens*, Stent), Guinea (*Panicum maximum*, Jacq), Elefante (*Pennisetum purpureum*, Schumach), Parí (*Brachiaria mutica* (Forsk.) Stapf), Aleman (*Echinochloa polystachia* (H. B. K.) Hitchc) y Gamalote (*Paspalum fasciculatum*, Willd), cosechadas a 4, 8, y 12 semanas de edad, provenientes de estudios de consumo con 72 animales entre 150 y 450 kg de peso vivo.

Estimaciones aceptables del consumo se obtuvieron usando la proteína indigerible y la lignina permanganato como indicadores en técnicas de relación ($r^2 = 0,78$ y $0,71$, respectivamente). Sin embargo, las indigestibilidades a 48 y 96 horas y el valor de indigestibilidad potencial permitieron predicciones más confiables del consumo ($r^2 = 0,86$, $0,92$ y $0,91$, respectivamente). Las predicciones del consumo de materia seca hechas con base en la composición química y a parámetros de digestión no pueden considerarse confiables.

Se concluye: 1) Que el consumo de forrajes puede ser predicho a partir de valores de indigestibilidad *in vitro* y de la producción fecal, por medio de la ecuación $CEMS = [MSH / (100 - d)] \cdot 100$, donde: CEMS = consumo estimado de materia seca, MSH = cantidad de materia seca fecal y D = digestibilidad *in vitro* de materia seca obtenida después de un período de incubación de por lo menos 48 horas. 2) Que las pruebas de consumo y digestibilidad no son válidas a menos que se realicen durante un tiempo suficientemente largo para permitir la estabilidad del sistema.

Literatura citada

1. ALLISON, D. W. y OSBOURN, D. F. The cellulose lignin complex in forages and its relationship to forage nutritive value. *Journal of Agricultural Science* 71 (1):23-36 1970.
2. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analyses of the Association of Official Analytical Chemists 11th ed. Washington, D. C. 1970. 1015 p.
3. BINES, J. A. y DAVEY, A. W. F. Voluntary intake, digestion, rate of passage, amount of material in the alimentary tract and behaviour in cows receiving complete diets containing straw and concentrates in different proportions. *British Journal of Nutrition* 24 (4):1013-1028 1970.
4. BLACKMAN, E. y BAILEY, C. B. Dissolution of silica from dried grass in nylon bags placed in the rumen of a cow. *Canadian Journal of Animal Science* 51 (2):327-332 1971.
5. BLAXTER, K. L., WAINMAN, F. W. y WILSON, R. S. The regulation of food intake by sheep. *Animal Production* 3(1):51-61 1961.
6. BOHMAN, V. R. y LESPERANCE, A. L. Methodology research for range forage evaluation. *Journal of Animal Science* 26(4):820-826 1967.
7. COLBURN, M. W., EVANS, J. L. y RAMAGE, C. H. Apparent and true digestibility of forage nutrients by ruminant animals. *Journal of Dairy Science* 51 (9):1450-1457 1968.
8. DRENNAN, M. J., HOLMES, J. H. B. y GARRET, W. N. A comparison of markers for estimating magnitude of rumen digestion. *British Journal of Nutrition* 24:961-970 1970.
9. GOERING, H. K. y SOEST, P. J. VAN. Análisis de fibra de forrajes. La Molina, Universidad Nacional Agraria. Programa de Forrajes y Misión Agrícola de la Universidad de Carolina del Norte. Boletín N° 10 1972. 41 p.
10. ———. SOEST, P. J. VAN y HEMKEN, R. W. Relative susceptibility of forages to heat damage as affected by moisture, temperature and pH. *Journal of Dairy Science* 56(1):137-143 1973.
11. LAGER, A. y MEYER-BERTENRATH, T. Die Isolierung und quantitative Bestimmung der Carotinoide und Chlorophylle von Blättern, Algen und isolierten Chloroplasten mit Hilfe dünnschicht-chromatographischer Methoden. *Planta* 69(3):198-217 1966.
12. HARRIS, L. E., et al. Techniques of research in range livestock nutrition. Utah Agricultural Experiment Station Bulletin N° 471 1967. 86 p.
13. HATTAN, G. L. y OWEN, F. G. Efficiency of total collection and chromic oxide techniques in short term digestion trials. *Journal of Dairy Science* 53(3):325-329 1970.
14. HEALY, W. B. The effect of soil content of faeces on faecal organic matter value as determined by ignition techniques. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 12(4):639-641 1969.
15. HEANEY, D. P. Voluntary intake as a component of an index to forage quality. In National Conference on Forage Quality Evaluation and Utilization, Nebraska, 1969. Proceedings Nebraska, Nebraska Center for Continuing Education, 1970. pp. C-1-10.

- 16 HOGSDON, J y WILKINSON, J M. The relationship between live-weight and herbage intake in grazing cattle. *Animal Production* 9(3):365-376 1967
- 17 HOLTER, A. J y REID, J. I. Relationship between the concentration of crude protein and apparently digestible protein in forages. *Journal of Animal Science* 18(3):1339-1348 1959
- 18 ITURBIDE, A y BATEMAN, J. Método par la determinación de feofitina en extractos cromogénicos de heces y pastos. *Turrialba (Costa Rica)* 17(1):91-93 1967
- 19 ————— y BATEMAN, J. Evaluación de los factores que influyen en la precisión de la técnica de los pigmentos vegetales o cromógenos para estimar digestibilidad de forrajes. *Turrialba (Costa Rica)* 18(2):101-109 1968
- 20 JEFFERY, H. Assesment of faecal nitrogen as an index for estimating digestibility and intake of food by sheep on *Pennisetum clandestinum* based pastures. *Australian Journal of Experimental Agriculture & Animal Husbandry* 11(51):393-396
- 21 JOHNSON, R.R y DEHORRY, B. A. A comparison of several laboratory techniques to predict digestibility and intake of forages. *Journal of Animal Science* 27(6):1738-1742 1968
- 22 KNIPFEL, J. E y TROELSEN, J. E. Interaction between inoculum donor diet and substrate in *in vitro* ruminant digestion studies. *Canadian Journal of Animal Science* 46(2):91-95 1966
- 23 LANGLANDS, J. P. Studies on the nutritive value of the diet selected by grazing sheep. III. A comparison of oesophageal fistula and faecal index techniques for the indirect estimation of digestibility. *Animal Production* 9(3):325-331 1967.
- 24 OLUBAJO, F. O. y OYENUGA, V. A. Digestibility of tropical pasture mixture using the indicator techniques. *Journal of Agricultural Science* 75(1):175-181 1970
- 25 PEARCE, G. R y MOIR, R. J. Rumination in sheep. I. The influence of rumination and grinding upon the passage and digestion of food. *Australian Journal of Agricultural Research* 15(4):635-644 1964
- 26 PEZO, D. y VOHNOUT, K. Tasas de digestión *in vitro* en seis gramíneas tropicales. *Turrialba (Costa Rica)* 27(1):47-53 1977
- 27 PORTIER, P y SINGLETON, A. G. The degradation of lignin and quantitative aspects of ruminant digestion. *British Journal of Nutrition* 25(1):3-14 1971
- 28 SOEST, P. J. VAN. Symposium on nutrition and forages and pastures: new chemical procedures for evaluating forages. *Journal of Animal Science* 23(3):838-845 1964
- 29 —————. 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(3):834-843 1965
- 30 HILLEY, J.M.A y TERRY, R.A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society* 18(2):101-111 1963
- 31 TURRIZA, I. Consumo por el ganado, digestibilidad y composición química de seis gramíneas tropicales. Tesis Mg. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1970 35 p.
- 32 WILKINS, R. J. The potential digestibility of cellulose in forages and faeces. *Journal of Agricultural Science* 73(1):57-64 1969.
- 33 ————— y MINSON, D. J. The effects of grinding, supplementation and incubation period on cellulose digestibility *in vitro* and its relationship with cellulose and organic matter digestibility *in vivo*. *Journal of Agricultural Science* 74(3):445-451 1970
- 34 WILSON, A. D., WEIR, W. C y TORREL, D. T. Comparison of methods of estimating the digestibility of range forage and browse. *Journal of Animal Science* 32(5):1046-1050 1971

Notas y Comentarios

El misterio del mimetismo de las corales

Las serpientes corales de los neotrópicos presentan un formidable problema tanto a los predadores como a los zoólogos. Todas tienen la piel con anillos contrastantes amarillos, negros, rojos y a veces blancos, pero aunque algunas (las corales verdaderas del género *Micrurus*) son muy venenosas, otras son sólo débilmente venenosas, y finalmente hay otras que no son nada dañinas. El problema para los predadores es evitar las culebras más venenosas. El problema para los zoólogos es decidir la forma como emergió el sistema.

Las verdaderas corales son demasiado venenosas para ser consideradas como modelos; los predadores potenciales no tendrían la oportunidad de aprender a evitar la culebra si, después de haber cazado una, caían muertos prontamente.

Así fue como Wolfgang Wickler sugirió que tanto las corales mortales como las inofensivas derivaron su protección imitando las *ligeramente* peligrosas. Esto es el mimetismo Mertensiano, llamado por R. Mertens, quien hizo el trabajo pionero sobre las corales. Wicker también afirmó que ningún predador podría reconocer innatamente los dibujos de la coral.

Susan Smith, en trabajos realizados en la Universidad Nacional, Costa Rica, ha puesto en duda estas ideas (*Nature*, vol. 265, p. 535). Trabajó con el bienteveo o campeador, (*Pitangus sulphuratus*) una ave que habita desde Texas hasta la Argentina, donde también son abundantes las corales. Seis bienteveos jóvenes fueron extraídos de sus nidos y criados en el laboratorio. Cuando tenían unos 45 días de edad se les presentaron modelos cilíndricos con una variedad de anillos de colores. Los pájaros atacaron con ahínco un modelo con anillos verdes y blancos, pero evitaron los anillos rojos, amarillos y negros, y en menos escala, dos con anillos rojos y amarillos. Los mismos colores pintados como rayas longitudinales en el cilindro recibieron los mismos tratamientos.

La Dra. Smith opina que el rechazo de "anillos de coral" por el bienteveo es innato, y que el rechazo ligeramente más bajo de los anillos rojos y amarillos es debido a la generalización de los dibujos de la coral. Si el pájaro evita normalmente las verdaderas corales sin necesitar experiencia para hacerlo, es posible para serpientes inocuas y menos mortales convertirse en mímicos porque también serían rechazadas si se parecen a las corales verdaderas. No es necesario el mimetismo Mertensiano para explicar la evolución del complejo caso de las corales.

El único punto por aclarar en el misterio es por qué los bienteveos han evolucionado hacia el rechazo de las corales, ya que su alimentación normal consiste de insectos y ocasionalmente pequeños peces y lagartijas. Desafortunadamente, la Dra. Smith no suministra ninguna discusión al respecto.