

# Desarrollo de sub-sistemas de alimentación de bovinos a base de rastrojo de frijol (*Phaseolus vulgaris*, L.). III. Producción de carne<sup>\*1/</sup>\_\_\_\_\_E. LOZANO\*\*, M. E. RUIZ\*\*\*, A. RUIZ\*\*\*

## ABSTRACT

An experiment was conducted to evaluate common bean crop residues (CBR) as a feed for beef cattle. A completely randomized design was used with two variables:  $X_1$  = supplementary crude protein, g/100 kg live weight (LW)/day, and  $X_2$  = supplementary blackstrap molasses, kg/100 kg LW/day. Each variable was offered at five levels ( $X_1 = 0, 100, 200, 300$  and  $400$ ;  $X_2 = 0, 0.5, 1.0, 1.5$  and  $2.0$ ). These were combined factorially in an incomplete arrangement resulting in 13 treatments. Fifty-two young bulls averaging 286 kg in LW and 28 months in age were used. The CBR was given ad libitum and without any prior chemical or physical processing. The protein supplement contained 90.3 per cent of crude protein of which 60.0 per cent was of non-protein origin. The molasses levels were provided as fed. The average dry matter (DM) intake of CBR was 2.32 kg/100 kg LW/, and was negatively related to both variables as depicted by the function  $Y_1 = 2.63 - 0.0009X_1 - 0.15X_2 + 0.000006^2 + 0.00002X_1X_2$  ( $R^2 = 0.89, P \leq 0.01$ ), where  $Y_1 = \text{kg DM}/100 \text{ kg LW}/\text{day}$ . Nevertheless, this decrease in CBR intake was more than compensated for by the intakes of  $X_1$  and  $X_2$ . Consequently, total DM intake was linearly and positively related to the independent variables, as shown by the function  $Y_2 = 2.60 + 0.0011X_1 + 0.46X_2$  ( $R^2 = 0.89, P \leq 0.01$ ), where  $Y_2 = \text{kg DM}/100 \text{ LW}/\text{day}$ . Weight gain was significantly influenced by  $X_1$ , but not by  $X_2$ ; the corresponding regression being  $Y_3 = 0.060 + 0.0024X_1 + 0.027X_2 - 0.000004X_1^2 + 0.0005X_1X_2$  ( $R^2 = 0.89, P \leq 0.01$ ), where  $Y_3 = \text{kg}/\text{head}/\text{day}$ . Weight gain was found to be intimately related to nitrogen retention.

Feed conversion to beef was poor, this being in contrast to other favorable nutritional features of CBR. Consequently, and based on current beef prices in Costa Rica, at the present time it is not recommended the use of this residue in commercial fattening operations. For the small farmer, however, there is now the necessary information for the appropriate use of CBR to help prevent the large losses in cattle productivity during the dry months. As expected, due to the low protein content of CBR, protein supplementation is of utmost importance.

## Introducción

**S**I bien es cierto que el pasto constituye el alimento de mayor disponibilidad y uno de los de menor costo para el ganado, también experimenta grandes cambios en cuanto a su cantidad y calidad por

efectos del clima (19, 20, 21). Ante esta situación, el productor recurre a una serie de alternativas, siendo una de ellas la utilización de los residuos o rastrojos de cosecha como alimento básico para el animal. Dentro de estos cultivos, las leguminosas de grano ocupan un lugar preponderante en la agricultura centroamericana, constituyendo un ingrediente principal en la dieta del campesino de esta región (8). Tradicionalmente, los residuos de leguminosas se desechan o se queman y no se incorporan al suelo ni se usan para alimentar ganado, aunque su disponibilidad coincide con la estación seca.

\* Recibido para su publicación el 26 de febrero de 1980.

1/ Los autores desean dejar patente su gratitud al Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo, de Canadá, por la financiación parcial de este trabajo.

\*\* Dirección actual: Universidad Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú.

\*\*\* Nutricionista y Asistente de Investigación, respectivamente. CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Ovejero y Javier (14) realizaron un estudio comparativo de nueve rastrojos de leguminosas, encontrando que su composición incluye tallos, vainas, algunas hojas y ciertas semillas. Consideran los autores que su composición química es intermedia entre henos de baja calidad y paja de cereales, destacándose un elevado contenido de fibra cruda (32 a 44%) y bajo contenido de proteína cruda (6 a 10%).

Ruiz *et al.* (17) estimaron que el rendimiento promedio del rastrojo de frijol es de 972 kg de materia seca (MS)/ha/cosecha cuando se maneja como monocultivo, mientras que, cuando se trata de un cultivo asociado, el rendimiento disminuye a niveles de 691,5 kg de MS/ha/cosecha. También encontraron que, en base seca, está constituido en un 55 por ciento por tallos y 45 por ciento por vainas, con digestibilidad *in vitro* de 37,1 y 56,5 por ciento, respectivamente. Se ha encontrado que el bovino ejerce una alta selectividad a favor de las vainas, produciendo observaciones de digestibilidad aparente del rastrojo de 63 por ciento en ausencia de suplementos energéticos y nitrogenados (10). El consumo voluntario de raciones en que este residuo constituía el 98,1; 89,9 y 80,8 por ciento de la MS total, fue de 2,5; 2,6 y 3,0 por ciento del peso vivo (17).

Dado que el rastrojo es muy pobre en proteína (17), se espera que la suplementación con proteína o con nitrógeno no proteico (NNP) mejore la ingestión de MS, como resultado de un aumento en su digestibilidad (3, 15). Esta situación quedó claramente comprobada en un trabajo anterior (10) en el que se varió el nivel de proteína cruda y melaza suplementaria al rastrojo de frijol, encontrándose que la suplementación nitrogenada no sólo mejoró el consumo total de MS, a consecuencia de un aumento en su digestibilidad (valores superiores al 65 por ciento), sino que también mejoró la retención absoluta de nitrógeno. Respuestas similares se han obtenido con rastrojo de soya, registrándose consumos de 2,46 por ciento y una digestibilidad *in vitro* de la MS de 56 por ciento (9).

En contraste con los efectos de la proteína suplementaria, Lozano *et al.* (10) encontraron que la suplementación con melaza tiene un efecto ligeramente detrimental del consumo y de la digestibilidad del rastrojo. Similarmente, trabajando con paja de arroz, Ruloba y Ruiz (16) encontraron que animales Cebú, suplementados con melaza, perdieron peso; en cambio la inclusión de proteína suplementaria permitió obtener incrementos de peso en una magnitud que dependió del nivel de proteína y de melaza suplementados.

Otros investigadores, (5, 14) han informado acerca de un aumento en el consumo de forraje tosco cuando se ha suplementado con melaza y urea, en tanto que el suministro de solamente melaza, no ejerce efectos positivos sobre la ganancia de peso y el consumo voluntario de forraje.

Aunque la suplementación energética pareciera no ser de mucha importancia, cuando la alimentación se basa en rastrojos de bajo contenido nitrogenado, es posible que sí sea necesaria en algún grado, aún no conocido, en el caso de que el nivel de proteína cruda

suplementaria alcance altos valores. Consecuentemente, se realizó el presente estudio con el fin de definir el papel que podría jugar ese residuo de cultivo en sistemas de alimentación de ganado de carne en función del nivel de melaza y proteína suplementarias.

#### Material y métodos

Se utilizaron 52 toretes, con un peso y edad inicial promedio de 286 kg y 28 meses, respectivamente, pertenecientes a las razas Romo Sinuano, Brahman, sus cruces recíprocos y con Charolais. Dichos animales fueron desparasitados interna y externamente e inyectados con vitaminas A, D y E, según recomendaciones del NRC (12). Seguidamente fueron sometidos a una fase de nueve días de acostumbramiento a la estabulación mediante una reducción de las horas de pastoreo y un incremento en el suministro del rastrojo de frijol. Tres semanas más tarde, los animales fueron pesados y distribuidos al azar entre los tratamientos, iniciándose el período experimental de 90 días. Los tratamientos resultaron de la combinación de 5 niveles de melaza y proteína cruda (PC) suplementaria en forma factorial, según se indica en el Cuadro 1. El diseño estadístico empleado fue el irrestricto al azar.

La alimentación consistió en el suministro de rastrojo de frijol *ad libitum* y niveles variables de suplementación que permitían el consumo de PC y melaza según lo establecido en el Cuadro 1. Con este fin se preparó un suplemento proteico, mostrado en el Cuadro 2, el cual se combinó con melaza de caña (3,55% de PC; 77% de MS y 3,29 Mcal de EM/kg MS).

Se registraron el peso inicial, el peso cada 14 días y peso final de los animales, como también el consumo diario de rastrojo de frijol. La eficiencia de conversión de los alimentos en ganancia de peso se calculó con base a la siguiente definición.

Ganancia de peso, kg/animal/día

Consumo de MS total, kg/animal/día

El análisis económico se realizó utilizando la función básica para el cálculo del ingreso neto, donde se sustrae del ingreso bruto los costos totales.

Cuadro 1.—Arreglo de tratamientos <sup>a/</sup>

X <sub>1</sub> \ X <sub>2</sub>		Proteína suplementaria, g/100 kg PV/día				
		0	100	200	300	400
Melaza al natural kg/100 kg PV/día	0,0	I		II		III
	0,5		IV		V	
	1,0	VI		VII		VIII
	1,5		IX		X	
	2,0	XI		XII		XIII

<sup>a/</sup> Todos los tratamientos tuvieron agua fresca y minerales traza *ad libitum*.

Cuadro 2—Suplemento proteico usado para proveer los diferentes niveles experimentales de PC.<sup>a/</sup>

	Proporcion %	MS %	PC % de la MS
Harina de carne y hueso	78,5	93	43
Urea	20,5	100	287
Harina de hueso	0,5	98	16
Sal común	0,5	100	0

a/ Contiene 90,3 por ciento de PC en base seca, del cual el 60 por ciento proviene de la urea.

### Resultados y discusión

#### 1. Consumo de rastrojo de frijol y materia seca total.

Los suplementos fueron consumidos en su totalidad y de acuerdo al nivel de suplementación planeado.

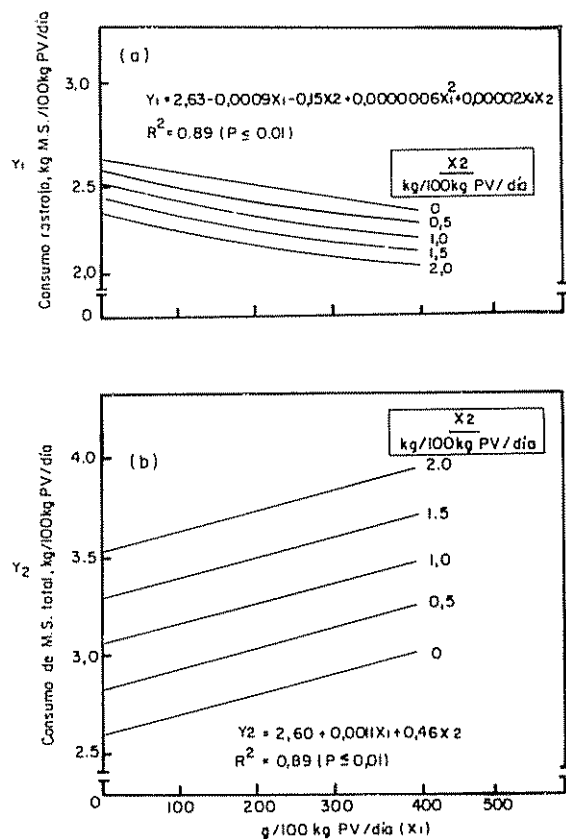


Fig 1—Consumo de M. S. del rastrojo de frijol (Y1) y M. S. total (Y2) en toros alimentados con rastrojo de frijol, suplementados con proteína (X1) y melaza (X2)

Los consumos de rastrojo de frijol, y de MS total se presentan en la Figura 1.

Según la función  $Y_1$  (Figura 1), que expresa la relación entre las variables independientes y el consumo de rastrojo, tanto la proteína como la energía suplementaria tuvieron un efecto depresor sobre el consumo de rastrojo; sin embargo, solamente el coeficiente lineal del factor  $X_2$  (melaza) resultó ser significativo ( $P \leq 0,05$ ).

En cuanto al consumo de MS total, representado por la función  $Y_2$  (Figura 1), ambas variables tuvieron efectos positivos y significativos ( $P \leq 0,01$ ), pero independientes entre sí, a juzgar por la insignificancia estadística del coeficiente de interacción.

Generalmente se admite que los rastrojos de cultivos son materiales de escaso valor nutritivo para el animal. Su elevado contenido de fibra cruda y bajo contenido de proteína, son causas de su baja digestibilidad, lo que además implica un mayor tiempo de retención de ese material en el tracto digestivo y, por consiguiente, un menor consumo (6, 11, 22). Sin embargo, los resultados obtenidos en el presente estudio demuestran que la ingestión de rastrojos de frijol, aún en ausencia de suplementos, fue comparable a los consumos de pastos tropicales de buena calidad (21), a pesar de que este material, por su composición química, cae en el rango de forraje tosco. Tal consumo se explicaría por la alta selectividad que el animal exhibió en favor de las vainas. Aunque este componente de las plantas, posee un contenido de proteína cruda similar al de los tallos, su digestibilidad es mejor (17), lo que determinaría una mayor velocidad de paso del alimento por el tracto digestivo, permitiendo así que el animal realice un mayor consumo de rastrojo (14).

Es de recalcar que, en la mayoría de los casos, el consumo de suplementos compite con el consumo del alimento basal (6), por lo que la tendencia observada hacia un menor consumo de rastrojo de frijol, conforme se aumenta el nivel de suplementación, es consecuencia de un efecto sustitutivo. Sin embargo, también existe un efecto aditivo (o efecto complementario), ya que la sustitución no fue uno a uno (peso a peso). Es decir, que si se incrementa el nivel de melaza de 0 a 2 kg de materia fresca (1,54 kg MS)/100 kg PV/día, en ausencia de proteína suplementaria, el consumo de rastrojo de frijol en lugar de disminuir en 1,54 kg MS si hubiera total sustitución, sólo disminuye en 0,24 kg MS/100 kg PV/día según la función  $Y_1$ .

Evidentemente, la función  $Y_2$  sólo describe los resultados logrados y no se pretende que se use para fines de predicción de comportamiento a niveles de melaza superiores a 2 kg/100 kg PV/día. Esta aseveración se hace pues, de acuerdo al conocimiento sobre control de consumo voluntario (2), se esperaba que el consumo de materia seca total alcance un máximo y luego disminuya a niveles altos de melaza. Es posible que ese máximo se haya alcanzado en el rango empleado en el experimento, pero se juzgó que los datos no permitían aplicar con confianza un modelo cuadrático.

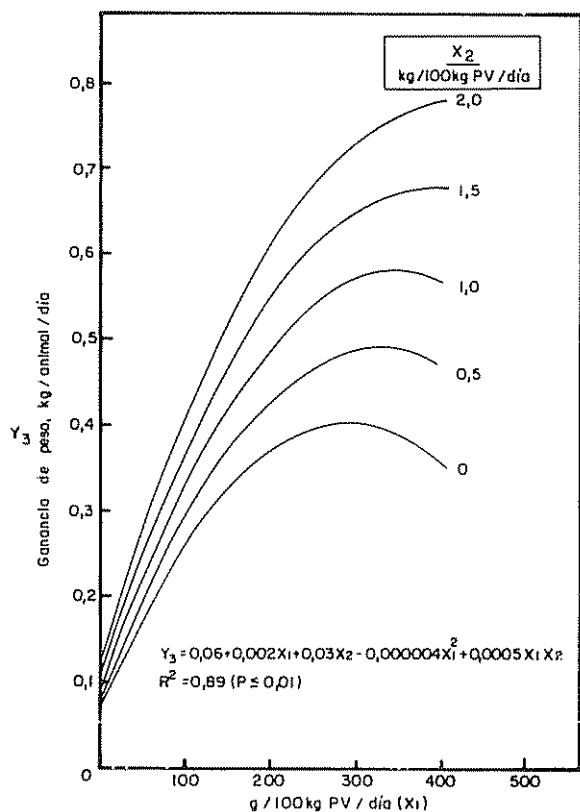


Fig. 2.—Ganancia de peso (Y<sub>3</sub>) en torques alimentados con rastrojo de frijol, suplementados con proteína (X<sub>1</sub>) y melaza (X<sub>2</sub>)

### 2. Ganancia de peso

El análisis de varianza mostró un efecto altamente significativo ( $P \leq 0,01$ ) de la suplementación proteica sobre la ganancia de peso, no habiéndose encontrado diferencias entre tratamientos debido a la suplementación energética, aunque ésta sí modificó la respuesta al interaccionar significativamente con la proteína.

El análisis de regresión para ganancia de peso corroboró el efecto altamente significativo de la proteína cruda suplementaria. La función Y<sub>3</sub> que se presenta en la Figura 2, demuestra los cambios en la ganancia de peso en función de X<sub>1</sub> y X<sub>2</sub>, y se evidencia que es posible obtener altas tasas de ganancia de peso, aunque ello implicaría una subutilización del rastrojo de frijol si se compara con la Figura 1.

Jackson (7) encontró que no es posible evitar que el animal alimentado con paja de arroz pierda peso, y que los estados de mantenimiento y ganancia de peso sólo son posibles obtenerlos con alguna suplementación proteica y energética. Al comparar ello con lo encontrado en el presente estudio, se podría derivar que el rastrojo de frijol es superior a la paja de arroz, ya que los animales que recibieron rastrojo de frijol como

único alimento, alcanzaron una ganancia diaria de 58 g/animal. Esta superioridad estaría dada por lo anotado anteriormente con respecto al consumo y selectividad encontrados en el ensayo.

De la misma Figura 2 se desprende la posibilidad de que animales suplementados con proteína solamente, alcancen ganancias de peso de aproximadamente 0,4 kg/animal/día, lo que demostraría que, en el caso del rastrojo de frijol, su contenido de energía no es un factor limitante para obtener ganancias moderadas de peso. Por otro lado, es innegable que la suplementación energética también produce respuestas positivas en este parámetro, siempre y cuando el nivel proteico no sea limitante; así, con altos niveles de suplementación con melaza la ganancia de peso se asemeja a las producciones logradas en trabajos de engorde intensivo a base de melaza (4, 13).

El comportamiento de los animales del presente trabajo confirma lo hallado en otros estudios (1,5), en el sentido que la suplementación exclusivamente energética a animales que consumen rastrojo o paja de cereales, no promueve una mejora en la ganancia de peso si es que no se suplementa también con PC.

### 3. Relación entre retención de N y ganancia de peso.

La integración de estos resultados con los de otro experimento desarrollado paralelamente (10) demostró que existe un alto grado de asociación ( $R^2 = 0,95$ ) entre la retención de N y la ganancia de peso, lo que

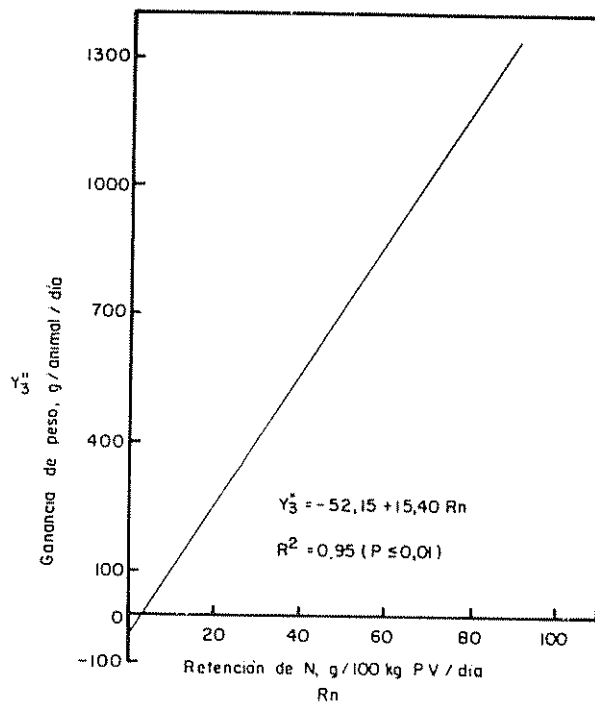


Fig. 3.—Relación entre la retención absoluta de N (R<sub>n</sub>) y la ganancia de peso (Y<sub>3</sub>) de torques alimentados con rastrojo de frijol suplementados con proteína y energía

demuestra que ésta es dependiente del nivel de N retenido. Esta relación está expresada por la función:  $Y_3'$ , cuya representación gráfica se presenta en la Figura 3.

De esta relación se desprende que, cuando el animal no realiza retención de N, puede ocurrir una pérdida diaria de peso de 52 gramos; es decir, el desgaste tisular para el mantenimiento de las funciones vitales. También es de notar que el animal necesita retener 0,107 g de N/kg metabólico/día para lograr su mantenimiento corporal, valor que resulta similar a lo encontrado en otro estudio (18), y que representaría las pérdidas de N por otras vías que las contempladas (orina, heces) tales como sudor, escamaciones epiteliales, crecimiento de pelo y gases (18). Se postula que con relaciones de esta naturaleza, y otras de apoyo, es posible adquirir suficiente capacidad para lograr predecir el comportamiento productivo del animal basados en datos de balance metabólico.

#### 4. Eficiencia biológica

La eficiencia de conversión de alimento en ganancia de peso se calculó con ganancia de peso y consumo de materia seca total observados, según la definición anteriormente dada.

Sobre estos datos se aplicó una función  $Y_4$  resultante de la combinación de  $Y_2$  y  $Y_3$ , la cual se presenta en la Figura 4, donde:  $Y_4$  = eficiencia de conversión del alimento, kg de ganancia diaria de peso por cada kg de MS consumida;  $Y_2$  = consumo de MS, kg/animal/día; 286 = peso inicial promedio de los animales, kg; 45 = días transcurridos hasta la mitad del experimento

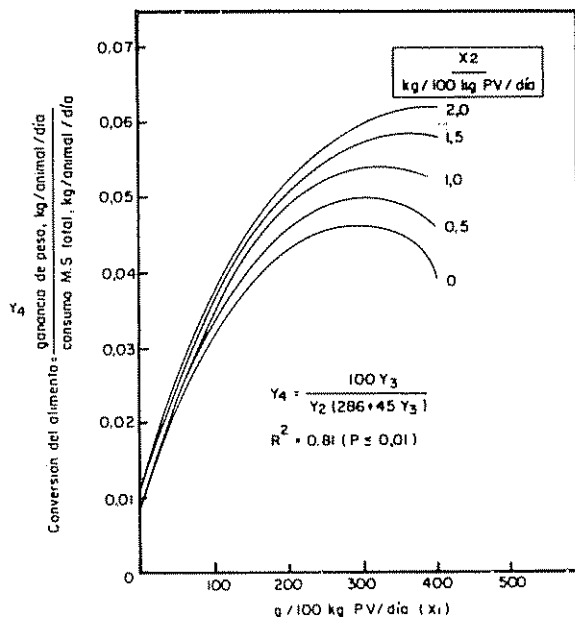


Fig. 4.—Efecto de la suplementación con proteína (X1) y melaza (X2) sobre la eficiencia de conversión del alimento a ganancia de peso en toros alimentados a base de rastrojo de frijol

La Figura 4 muestra que, al igual a lo observado para la ganancia de peso, la eficiencia de utilización de alimentos varía en función del nivel de proteína y melaza suplementaria. Sin embargo, la eficiencia no supera el valor de 0,065 (es decir unos 15,5 kg de MS/kg de ganancia de peso). Esto no es ideal, aún dentro de la categoría de forrajes tropicales, y sugiere la necesidad de buscar medios para mejorar la eficiencia de utilización del rastrojo de frijol, tales como el picado del mismo, o la inclusión de fuentes de almidón (18).

#### 5. Análisis económico

En el presente trabajo, la única fuente de ingreso es la ganancia de peso de los animales, descrita por la función  $Y_3$ , la que se multiplica por su precio por kg en pie,  $P_c$ . Es decir, ingreso bruto =  $P_c Y_3$ .

En cuanto a los costos totales, únicamente los costos de alimentación (CA) varían y los otros costos tienden a mantenerse constantes para todos los animales en un proceso de alimentación en confinamiento. Consecuentemente, estos costos, aunque variables en su naturaleza, se agruparon como costos fijos (CF). Dentro de este grupo se incluye el costo del rastrojo consumido a pesar que el consumo de éste varió en función de  $X_1$  y  $X_2$  (Véase la función  $Y_1$ ). Para tal efecto, se supuso un consumo constante de 2,32 kg de MS de rastrojo/100 kg de peso vivo/día. La justificación para esta decisión radica en la necesidad de simplificar el procedimiento matemático del análisis económico y porque el error incurrido es muy pequeño por el bajo costo del rastrojo.

Finalmente, se fijó el peso de los animales en 305 kg que fue el promedio observado durante el período experimental. Como resultado, la expresión de los costos variables (costos de alimentación) es como sigue:  $CA = 3,05 (P_p X_1 + P_m X_2)$  donde  $P_p$  y  $P_m$  son los precios por g de PC y kg de melaza, respectivamente. Sustituyendo en la función básica de cálculo de ingreso neto, ésta queda expresada por la ecuación:  $IN = P_c Y_3 - 3,05 (P_p X_1 + P_m X_2) - CF$ .

Con los índices económicos mostrados en el Cuadro 3, y con las derivadas parciales de la función IN, con respecto a  $X_1$  y  $X_2$ , se obtuvo la solución óptima

$$X_1 = \frac{6.100 P_m}{P_c} - 60, \text{ y } X_2 = \frac{100 P_m + 6.100 P_p}{P_c} - 4,96.$$

Con estas fórmulas es posible calcular los valores óptimos de  $X_1$  y  $X_2$ , conociendo los índices de  $P_p$ ,  $P_m$  y  $P_c$ . Así, al precio actual de la carne (consumo interno de Costa Rica), indicado en el Cuadro 3, la solución óptima es de  $X_1 = 217,3$  y  $X_2 = 1,25$ . El valor de IN resultante, sin embargo, es de sólo US\$0,001; básicamente, cero de ganancia económica en el contexto del período de

Cuadro 3.—Índices económicos empleados en el análisis.

Item	
<i>Costos "variables", US\$/kg en base fresca</i>	
Harina de carne y hueso <sup>a/</sup>	0,22
Urea <sup>a/</sup>	0,22
Melaza de caña (Pm)	0,04
<i>Costos "fijos", US\$/animal/día</i>	
Equipo, mano de obra, instalaciones, medicinas	0,09
Rastrojo de frijol	0,02
<i>Precio de venta de carne, US\$/kg en pie (Pc)</i>	0,88

a/ Costo de la proteína suplementaria "pura". Pp: US\$ 0.00024/g

alimentación con rastrojo de frijol. Esto no involucra el beneficio económico logrado al prevenir pérdidas en producción o de animales, típicas de la época seca. Este resultado económico enfatiza aún más lo indicado antes sobre la necesidad de encontrar medios para mejorar la eficiencia de conversión del alimento a producto animal.

### Conclusiones

Considerando las condiciones bajo las cuales se llevó a cabo el presente trabajo, los autores se permiten hacer las siguientes conclusiones:

1. El rastrojo de frijol, sin tratamientos físicos o químicos, es fácilmente aceptado por el animal y es consumido con avidez.
2. El principal problema a resolver en la utilización del rastrojo de frijol es el suministro de una fuente nitrogenada antes que de una fuente energética.
3. La eficiencia de conversión de alimentos basados en rastrojo de frijol es pobre aunque factible de ser mejorada significativamente.
4. El rastrojo de frijol presenta características nutricionales apropiadas para su eventual inclusión en un sistema de alimentación de verano (sequía) a nivel de pequeño productor.

### Resumen

Se realizó un experimento para evaluar el rastrojo de frijol común (RFC) como alimento para ganado de carne. Se usó un diseño completamente al azar, con dos variables:  $X_1$  = proteína cruda suplementaria, g/100 kg peso vivo (PV)/día, y  $X_2$  = melaza de caña

suplementaria, kg/100 kg PV/día. Cada variable incluyó cinco niveles ( $X_1 = 0; 100; 200; 300$  y  $400$ ;  $X_2 = 0; 0,5; 1,0; 1,5$  y  $2,0$ ). Estos se combinaron factorialmente en un arreglo incompleto que resultó en 13 tratamientos. Se usaron 52 toretes que promediaron 286 kg PV y 28 meses de edad. El RFC se suministró *ad libitum* y sin ningún procesamiento químico o físico previo. El suplemento proteico contenía 90,3 por ciento de proteína cruda del cual 60,0 por ciento era de origen no proteico. Los niveles de melaza se proveyeron en base fresca. El promedio de consumo de materia seca (MS) de RFC fue de 2,32 kg/100 kg PV/día y estuvo relacionado negativamente con ambas variables como se denota en la función  $Y_1 = 2,63 - 0,0009X_1 - 0,15X_2 + 0,0000006X_1^2 + 0,00002X_1X_2$ , ( $R^2 = 0,89$ ;  $P \leq 0,01$ ), donde  $Y_1$  = kg MS/100 kg PV/día. Sin embargo, esta disminución en el consumo de RFC fue más que compensada por los consumos de  $X_1$  y  $X_2$ . Consecuentemente, el consumo de MS total se relacionó lineal y positivamente con las variables independientes como se muestra con la función  $Y_2 = 2,60 + 0,0011X_1 + 0,46X_2$  ( $R^2 = 0,89$ ;  $P \leq 0,01$ ), donde  $Y_2$  = kg MS/100 kg PV/día. La ganancia de peso fue afectada significativamente por  $X_1$  pero no por  $X_2$ , según la regresión correspondiente  $Y_3 = 0,060 + 0,0024X_1 + 0,027X_2 - 0,000004X_1^2 + 0,0005X_1X_2$ , ( $R^2 = 0,89$ ;  $P \leq 0,01$ ), donde  $Y_3$  = kg/animal/día. Se encontró que la ganancia de peso está íntimamente relacionada con la retención de nitrógeno. La conversión de alimento a carne fue pobre y contrasta con las otras características nutricionales favorables del RFC. Consecuentemente, y con base en los precios vigentes de la carne, al presente no es posible considerar el uso de este residuo en operaciones de engorde comercial. Para el pequeño productor, por otro lado, ahora existe la información necesaria para el uso apropiado del RFC para ayudar a prevenir las grandes pérdidas en la productividad del ganado durante los meses de verano. Como se esperaba, debido al bajo contenido de proteína en el RFC la suplementación proteica es de importancia capital.

### Literatura Citada

1. ANDREWS, R, ESCUDER V, CURRAN, M y HOLMES, W. The influence of supplements of energy and protein on the intake and performance of cattle fed on cereal straw. *Animal Production* 15:167-176. 1972.
2. BAILE, C A. y FORBES, M. Control of feed intake and regulation of energy balance in ruminants. *Physiological Reviews* 54: 160-213. 1974.
3. BEAMES, R. Molasses and urea as a supplement to low quality pasture hay for cattle. *Queensland Journal of Agricultural and Animal Science* 16: 223-232. 1959.
4. CLAVO, F. Respuesta a diferentes niveles de urea por novillos alimentados con melaza y bagazo de caña de azúcar. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. ICA-CITEI, 1974. 45 p.

- 5 DEVENDRA, C Studies on the utilization of rice straw by sheep Effect of carbohydrate source on the utilization of dietary urea and nitrogen retention *Malaysian Agricultural Journal* 50: 358-370 1976.
- 6 ELLIOT, R. Voluntary intake of low protein diets by ruminants. 1. Intake of food by cattle. *Journal of Agricultural Science* 69: 375-382. 1967.
- 7 JACKSON, M G La paja de arroz como alimento para el ganado. *Revista Mundial de Zootecnia (FAO)* 23: 25-31 1977
- 8 JAFFE, W. G Las semillas de leguminosas como fuentes de proteína en América Latina. In *Recursos proteínicos en América Latina*. M. Behar y R. Bressani (eds.) INCAP, Guatemala, pp 228-241. 1971.
- 9 JOHRY, C, KULSHRESTHA, S y SAXENA, J Chemical composition and nutritive value of green soya bean and soya bean straw *Indian Veterinary Journal* 48: 938-940 1971
- 10 LOZANO, E, RUIZ, A y RUIZ, M E Desarrollo de sub-sistemas de alimentación de bovinos con rastrojo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) II Balance metabólico a varios niveles de energía y proteína suplementaria. *Turrialba* 30:63-70, 1980.
- 11 MULHOLLAND, J, COOMBE, J y DANN, P. Use of oat, lupin and field pea stubbles by grazing sheep. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 16: 467-471. 1976.
- 12 NATIONAL RESEARCH COUNCIL, NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES Nutrient requirements for domestic animals, N° 4. Nutrient requirements of beef cattle 5a ed. Washington D.C., National Academy of Sciences, 1970.
- 13 OCHOA, C Efecto del nivel de proteína y bagazo de caña sobre el crecimiento de torques alimentados con melaza. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. IICA-CTEI, 1973. 46 p.
- 14 OVEJERO, M. y JAVIER, F. Digestible energy and metabolizable energy of leguminous straw for sheep. *Anales de la Facultad de Medicina Veterinaria Universidad de León (España)* 13:304-307. 1967.
- 15 RITTENHOUSE, I, CLANTON, D. y STREETER, C. Intake and digestibility of winter-range forage by cattle with and without supplements. *Journal of Animal Science* 31: 1215-1221. 1970.
- 16 RUILOBA, M. y RUIZ, M. E. Producción de carne durante la época seca a base de subproductos I. Niveles de proteína suplementaria y melaza. *Ciencia Agropecuaria (Panamá)* 1:59-76 1978.
- 17 RUIZ, M. E, OLIVO, R, RUIZ, A. y FARGAS, J. Desarrollo de subsistemas de alimentación de bovinos con rastrojo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). I. Disponibilidad, composición y consumo del rastrojo de frijol. Turrialba: En prensa. 1980.
- 18 RUIZ, A. y RUIZ, M. E. Utilización de la gallinaza en la alimentación de bovinos III. Producción de carne en función de diversos niveles de gallinaza y almidón. *Turrialba* 28: 215-223. 1978
- 19 SINGH, J. S y YADADA, P. S Seasonal variation in composition, plant biomass, and net primary productivity of a tropical grassland at Kurukshetra, India. *Ecological Monographs* 44: 351-376. 1974.
- 20 TERGAS, I. E, BLUE, W. G y MOORE, J. E. Nutritive value of fertilized Jaragua grass (*Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf.) in the wet-dry Pacific region of Costa Rica. *Tropical Agriculture* 48: 1-8. 1971.
- 21 VICENTE-CHANDLER, J, ABRUÑA, F., CARO-COSTAS, R., FIGARELLA, J., SILVA, S. y PERSON, R. W. Intensive grassland management in the humid tropics of Puerto Rico. *Agricultural Experiment Station, University of Puerto Rico Bulletin* 233, 1974.
- 22 WHITE, T, REYNOLDS, W y KLETT, R. Roughage sources and levels in steer rations. *Journal of Animal Science* 29: 1001-1005. 1969

## Notas y Comentarios

### *Las futuras roturas de frente en la agricultura*

Al terminar una década y comenzar otra, se han publicado muchos balances de lo que ha pasado en varios sectores del quehacer humano y también algunos intentos de escudriñar el futuro. Para la agricultura, los futurólogos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos se han preguntado a sí mismos y a investigadores agrícolas con imaginación, la pregunta de cuál será la próxima rotura de frente tecnológico en la agricultura.

Enumeramos las principales predicciones que han sido publicadas en *The Economist* (January 5th, 1980, Survey p 9):

— Vacas que rutinariamente tendrán mellizos y ovejas que usualmente parirán trillizos (Cf. *Turrialba* 28:314)

— Nuevas variedades debidas a novedosas hibridaciones, como pasó con el trigo Norin y el arroz 'IR' (Cf. *Turrialba* 19: 445; 18: 206) y puede pasar con el algodón próximamente, (Cf. *Turrialba* 29:162), así como también éxitos en la búsqueda de nuevos cultivos alimenticios

— La conversión de productos naturales no aceptables, como la celulosa y subproductos de petróleo en proteínas, carbohidratos y grasas para proveer nuevos alimentos para los animales (Cf. *Turrialba* 21:5, 22:239)

— Cultivos múltiples y sistemas intensivos para aumentar los rendimientos del suelo (Cf. *Turrialba* 26:111, 27: 174)

— Técnicas de araduras reducidas que economizan combustible al acortar el número de veces que el agricultor debe cultivar una parcela.

— Mayor énfasis en el control biológico de plagas (por ejemplo, la liberación de machos estériles de insectos en un campo) y menor énfasis en venenos para controlarlas (Cf. *Turrialba* 13:62).

— El desarrollo de antitranspirantes que inhiben la tendencia de las plantas a perder agua por transpiración (Cf. *Turrialba* 19:156; 21:134; 27:46).

— Acentuamiento de la eficiencia fotosintética: mejorar el proceso por el cual las plantas forman carbohidratos mediante selección genética, modificaciones físicas y químicas; acentuar la capacidad biológica de las plantas para absorber nitrógeno

para sintetizar proteínas; y estimular el crecimiento vegetal mediante la elevación de los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera (Cf *Turrialba* 16:3).

— Plantas que resistan genéticamente la sequía y que prosperen en agua salobre (Cf *Turrialba* 28: 302)

— El uso en mayor escala de compuestos naturales y sintéticos que hagan que las plantas maduren más temprano y todas a la vez (Cf *Turrialba* 19: 447; 15:163; 20:137) o que amenjen la velocidad con que las frutas y verduras se pudren después de la cosecha.

Como sucede con todos los pronósticos, algunos de ellos no se cumplirán en la década que se inicia, y otros factores nuevos surgirán en el período. Pero las tendencias señaladas, basadas en métodos modernos de predicciones (el método Delfos por ejemplo), representan las posibilidades más probables a la luz de los conocimientos actuales.

También puede observarse en este comentario, que *Turrialba* ha tenido informados a sus lectores conforme se ha ido desarrollando cada nueva tecnología que podría afectar el avance de la agricultura.

#### *Reproducción clonal de la palma aceitera*

Para evadir el largo, y a menudo azaroso, proceso de reproducir plantas por semilla, muchos mejoradores están proyectando reproducir sus cultivos en el laboratorio directamente del tejido de una sola planta progenitora (Cf *Turrialba* 18: 6 y 26:7). El último es Unilever, el conglomerado gigante anglo-holandés de productos alimenticios, el que ha formado un programa conjunto con una firma importante productora de aceite de palma, Harrisons and Crossfield, para realizar plantaciones con árboles de palma africana de aceite (*Elaeis guineensis*), reproducidas por cultivo de tejidos en los laboratorios malayos de Unilever.

Alrededor de 1.300 de las nuevas palmeras "clonadas" han sido ya plantadas y las primeras indicaciones son que rendirán de 20 a 30 por ciento más aceite por hectárea que sus vecinos convencionales, procedentes de semilla. La producción de palmeras en el laboratorio no es barata, pero Unilever calcula que para el aceite de palma (para margarina) con su precio actual de 600 a 650 dólares la tonelada métrica, en un mercado mundial de 2500 millones de dólares anuales, el aumento en la productividad podría muy bien justificar el costo extra.

Aunque Unilever está reacia a divulgar los métodos exactos usados para regenerar las palmas, la técnica básica es probablemente muy similar a la que los productores de orquídeas están usando hace años (Cf *Turrialba* 18:6 1968). Esto involucra tomar un corte microscópico del ápice de un brote en crecimiento, colocarlo en un caldo de cultivo, e inducirlo a regenerar una plántula entera mediante un cuidadoso manejo de dos hormonas vegetales claves. La planta regenerada se "desteta" del caldo nutritivo en una serie de pasos lentos adaptativos diseñados a prepararla para un crecimiento en un ambiente normal, más seco.

El mayor obstáculo que encaran los científicos de Unilever es que las palmeras se secan si se saca el ápice de sus brotes en crecimiento. El cultivo de estas plántulas funciona con un pedacito de tejido, llamado callus, cuyas células no están organizadas para el crecimiento. Esto a su vez quiere decir que se debe elaborar un régimen más cuidadoso de niveles de hormonas, caldos nutritivos y condiciones de crecimiento para regenerar la planta entera.

A pesar del cuidado extra que debe tomarse, los cultivos de tejidos a partir del callus tienen la ventaja de que muchas plántulas futuras pueden conseguirse a partir de un "corte" original. Además, las plantas así cultivadas retienen toda la información genética de su "progenitor". No hay peligro de que un híbrido de alto rendimiento (una planta que, al igual

que las palmas aceiteras de altos rendimientos, ha heredado información genética diferente de cada uno de sus progenitores) falle en tener cualidades deseables en la mitad de los genes que usa para formar semillas. Además, al dar a todas las plantas en campo los mismos genes, se provoca un crecimiento uniforme, con ninguna planta poniéndose a la cabeza de las otras, lo que facilita la cosecha mecánica.

Otros mejoradores están también interesados en cultivos de tejidos. Lo que comenzó con monocotiledones, se intentó después con dicotiledóneas (Cf *Turrialba* 19: 154, 1969). Los científicos en la Estación de Investigaciones de Long Ashton están tratando de lograr la delicada combinación de hormonas, nutrimentos y condiciones de crecimiento necesarios para regenerar manzanos (Cf *Turrialba* 26: 7 1976 y 27: 136, 1977). Otros grupos están trabajando en las condiciones especiales necesarias para cocoteros, árboles de caucho, y árboles forestales como abetos y secuoyas. La firma forestal norteamericana, Weyerhaeuser, espera usar el cultivo de tejidos para formar dentro de cinco años existencias limitadas de abetos y secuoyas de rápido crecimiento, y las plantaciones definitivas comenzarán en los cinco años subsiguientes.

Sin embargo, ninguna de estas técnicas se puede denominar realmente como de ingeniería genética. La manipulación directa de las características genéticas de una planta representa el uso de enzimas para eliminar la pared dura que rodea a las células vegetales. La regeneración de plantas de tales células parcialmente digeridas es mucho más difícil que de las células de un cultivo de callus. Pero la operación ya se ha hecho con papas y petunias. Los científicos están ahora trabajando para repetirla para cultivos más importantes, como los cereales.

#### *De cómo los huevos evitan secarse*

La supervivencia de un pollito dentro del huevo depende de la existencia del equivalente a la vejiga de un sapo, según afirma Donald Hoyt del Departamento de Biología, Universidad de California (*Physiological Zoology*, vol. 52, p. 354).

Las cáscaras de huevo no son las fuertes estructuras inertes que parecen ser. Como cualquier otro tejido del cuerpo, están sujetas a desecación. El huevo debe retener suficiente agua para las necesidades del pollito en desarrollo hasta el momento de la incubación. El sapo y el pollito son criaturas muy diferentes, pero ambos parecen acometer en forma muy similar el problema de la desecación sin tener acceso al agua.

El sapo recurre a su vejiga cuando le falta el agua, cerrando el órgano antes de que se vacíe. Lo hace con la ayuda de un grupo de células especializadas que reabsorben las sales de la orina. El agua pasa entonces al cuerpo.

Las aves no tienen vejigas como tales, pero el pollito tiene una bolsa de productos de desecho dentro del huevo, llamado el alantoides, del cual podría, en teoría, extraer agua sin perjudicar su propia supervivencia.

Hoyt examinó el fluido en los varios compartimentos del huevo, en varias etapas de desecación. Encontró que cuando el huevo fue sometido a un secado, el "saco de desechos", el alantoides, perdió seis veces más agua que el embrión. Estudios de flujo de iones muestran que el mecanismo de reabsorción es el mismo que el sapo usa, y trabajos histológicos detallados mostraron que estaba presente y en actividad el mismo tipo de célula especializada.

Así, aunque las aves se han liberado de la orina líquida y de la vejiga, todavía comparten un mecanismo de reabsorción del agua con el sapo, por lo menos en el estado de huevo. Esta válvula de seguridad contra la desecación asegura un ambiente estable para el delicado pollito en desarrollo, y ayuda a mantenerlo en la inevitable pérdida de agua hasta que el pollito pueda beber, por sí mismo, después de salir del cascarón.