

Desarrollo de sub sistemas de alimentación de bovinos con rastrojo de frijol (*Phaseolus vulgaris*, L.). I. Disponibilidad, composición y consumo del rastrojo de frijol^{1/}_____

M.E. RUIZ, R. OLIVO, A. RUIZ, J. FARGAS**

ABSTRACT

An experiment was effected to determine the production of common black bean residue under different cropping situations found in Central American small farms. Laboratory analyses were carried out to characterize the chemical composition and in vitro digestibility of this residue. Finally, a switchback design was used to test the voluntary intake of the bean residue by six yearling steers weighing 223 kg, and fed three rations differing in blackstrap molasses content (0.6, 8.8 and 17.9 per cent on dry basis) but kept isonitrogenous (8 per cent crude protein) by additions of urea (1.24, 1.30 and 1.32 per cent, correspondingly). The remaining ration component was the crop residue. It was found that when bean is grown as a single crop, a production of 700 to 1,151 kg dry matter (DM)/ha/crop of the residue can be expected. In multiple cropping (usually associated with corn and/or cassava), the bean residue output varies between 527 and 1,225 kg DM/ha/crop. The residue produced is well dried (90 per cent DM) and as such, could be stored for long periods. Its chemical analysis showed a low content of crude protein (4.1%), while the cell wall constituents accounted for 68.8 per cent of the total DM. It is also characterized by a high lignin content (17.0%), associated with a 46.0 per cent in vitro DM digestibility. Considering that the bean residue is made up by 55.2 per cent of stems and 44.8 per cent empty pods, comparative analyses were also carried out. No differences were found in crude protein content, but a lower lignin concentration (12.8 vs. 19.8 per cent) and a higher DM digestibility (56.5 vs. 37.0 per cent) was found in the empty pod component. The animals preferred the empty pods to such an extent that physical analysis of the remaining feed in the trough showed a proportion of 8.1 per cent empty pods and 91.9 per cent stems, with little variation due to the level of supplementary molasses. Total DM and black bean residue intakes were 2.53 and 2.48; 2.63 and 2.36; and 2.96 and 2.39 kg DM/100 kg liveweight/day, corresponding to molasses levels of 0.6, 8.8 and 17.9 per cent of the ration.

It is concluded that black bean residue is well accepted by bovines and that with small additions of an inexpensive source of N it could allow the feeding of animals during the dry season to at least maintain body weight.

Introducción

DEBIDO a la estacionalidad en la producción forrajera, base de la producción ganadera en el trópico, y a las fluctuaciones y limitaciones en la disponibilidad de los productos que se utilizan en la alimentación animal, el productor debe considerar una

* Recibido para publicación el 11 de julio de 1979

1/ Los autores desean expresar sus sinceros agradecimientos al Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo, de Canadá, por el apoyo y aliento brindados en la ejecución de este trabajo.

** Nutricionista, estudiante graduado. Asistente de Investigación y Fisiólogo, respectivamente, del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica.

serie de alternativas que le permitan solucionar parcialmente este problema, evitando así pérdidas en la productividad. Una de estas alternativas es la utilización de residuos de cosecha como base de la alimentación animal.

La importancia de la utilización de los residuos de cosecha radica en la magnitud del volumen en que se producen y en que no son utilizados directamente por el hombre y, así, su uso por el bovino no significa competencia con la alimentación humana.

Las leguminosas de grano ocupan un lugar predominante en la dieta en muchos países de América tropical (8). Entre ellas se destaca el frijol común (*Phaseolus vulgaris*, L.), el cual es ampliamente cultivado, ya sea en monocultivo o en asociación con otros cultivos. América Latina es la región de mayor producción de frijol, con un 34 por ciento de la producción mundial (12). Esta producción proviene en su mayor parte de pequeñas parcelas (menores de 50 ha) explotadas por los mismos miembros de la familia (11), quienes consumen el 36 por ciento del frijol producido (9). Dado este volumen de producción se esperaría que la disponibilidad de rastrojo no sea un factor limitante para su uso en la alimentación animal. Se ha demostrado que los sub-productos de cosecha tales como rastrojo de maíz, paja de arroz y cáscara de algodón son aceptados, en diferente medida, por los animales (4, 19, 20).

En un estudio comparativo de rastrojos de nueve leguminosas (20) se indica que la composición química es intermedia entre un heno de baja calidad y paja de cereales, destacándose altos contenidos de fibra cruda (32 a 44 por ciento), y lignina (6 a 10 por ciento) y bajos contenidos en proteína cruda (6 a 9 por ciento).

El rendimiento de frijol, tanto de grano como de rastrojo, está afectado por el sistema de siembra y el nivel de fertilización que se le aplique (8), existiendo una estrecha relación entre la biomasa total producida y el rendimiento en grano. En el valle de Turrialba se indican valores de producción de biomasa total que varían entre 200 y 2.600 kg de materia seca por hectárea/cosecha que corresponden a rendimientos de grano entre 15 y 1.260 kg.* El rastrojo de frijol está compuesto por los tallos, raíces y vainas y, generalmente, se quema o se abandona en el campo.

En vista de lo anterior, los objetivos del presente trabajo fueron: a) Evaluar la producción de materia seca del rastrojo de frijol en diferentes sistemas de cultivo; b) Determinar la composición química y la digestibilidad *in vitro* del rastrojo de frijol; y c) Estimar en bovinos, el consumo voluntario del rastrojo de frijol y como éste es afectado por la adición de melaza.

Materiales y Métodos

El experimento se llevó a cabo en las fincas experimentales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, en Turrialba, donde se realizaron las siguientes fases del estudio:

Producción de materia seca, composición química y digestibilidad in vitro del rastrojo de frijol

La producción de materia seca/ha se calculó a partir de datos de producción total de rastrojo provenientes de 16 parcelas de frijol común (*Phaseolus vulgaris*, L.) cv CATIE 1, de 68 m² cada una, con diferentes niveles de fertilización y en asociación con otros cultivos como se describe en el Cuadro 1.

De dichas parcelas se tomaron muestras de rastrojo para la determinación de su contenido de materia seca al aire y al vacío, y proteína, según Bateman (6); los análisis de pared celular, contenido celular, hemicelulosa, celulosa, lignina y cenizas totales se realizaron según el método propuesto por Goering y Van Soest (10). Para la determinación de la digestibilidad *in vitro* de la materia seca se usó la técnica de dos fases propuesta por Tilley y Terry (22).

Consumo voluntario

Para la estimación del consumo voluntario del rastrojo de frijol se utilizaron seis novillos encastados con Romo Sinauano, de 11 meses de edad, y con un peso vivo promedio de 223 kg, a los cuales se les suministró una vez al día tres raciones isonitrogenadas *ad libitum*, cuyo ingrediente principal fue el rastrojo de frijol, tal cual se obtiene del campo, junto con melaza y urea, según se observa en el Cuadro 2. Además, se permitió el consumo libre de agua y sales mineralizadas. La variable independiente fue el nivel de melaza, impartiendo variación en la aceptabilidad y contenido energético metabolizable de las raciones.

Los animales fueron desparasitados interna y externamente, y encorralados en forma individual, dando 24 m² de espacio por animal. En esta forma se mantuvieron durante 15 días, en los que fueron adaptados al consumo de rastrojo de frijol con la ración 1 (Cuadro 2).

Transcurrido el período de adaptación se procedió con la fase experimental, la cual consistió en tres períodos de 15 días cada uno, durante los cuales cada animal recibió en forma individual dos raciones alternadas según se presenta en el Cuadro 3.

Este arreglo corresponde a un diseño de reversión, según el modelo propuesto por Lucas (16) distribuyéndose al azar los animales a los tratamientos.

El consumo de materia seca (MS) se midió durante los últimos 10 días de cada período, dejándose los primeros cinco como etapa de adaptación a las raciones en estudio. Con este fin, diariamente se tomaron datos de MS ofrecida y MS rechazada. Por diferencia entre ellos se calculó la MS consumida.

* Comunicación personal de José Fargas; Unidad de Fisiología, CATIE, 1979

Cuadro 1 Descripción de los tratamientos agronómicos

Trata- miento	SEGUNDA FERTILIZACION ^{a/} (cifras en kg/ha)	ASOCIACION CON OTROS CULTIVOS EPOCA DE SIEMBRA ^{b/}												
		N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N
		1976						1977						
A	25 Nitrato de Amonio (NA)+ 23 Clorato de Potasio (CP)	F												
B		M												
C	125 NA + 23 CP	F												
D		C												
E	379 NA + 112 CP	F												
F		C												
G	170 NA + 4,5 CP	F			C			M						
H		M												
I	81 NA + 4,5 CP	F			C			M						
J		M												
K	96 NA + 4,5 CP	F						Y						
L		M						C						
M	125 NA + 33 CP	F						Y						
N		M						C						
O	221 NA + 102 CP+90 (20-10-6-5)	F						Y						
P		M						C						
	125 NA + 4,5 CP	F			C			Y						
		M												
	125 NA + 4,5 CP	F			C			Y						
		M												

a/ Todos los tratamientos fueron fertilizados al inicio de la siembra con 220 kg/ha de 15-30-8

b/ F= Frijol común (Phaseolus vulgaris, L.); C=Camote (Ipomea batatas (L) Lam); M= Maíz (Zea mays, L.)
Y= Yuca (Manihot esculenta, Crantz)

Cuadro 2—Raciones experimentales, proporciones en base seca.

Ración ^{a/}	Rastrojo %	Melaza %	Urea %
1	98,12	0,61	1,24
2	89,93	8,77	1,30
3	80,78	17,90	1,32

a/ Todas las raciones contienen 8 por ciento de proteína cruda, con un nivel de 45,5 por ciento de sustitución de nitrógeno proteico por nitrógeno no proteico

Cuadro 3—Arreglo de los tratamientos a/

		Bloques					
		A			B		
Animal		R ₁	R ₂	R ₃	R ₁	R ₂	R ₃
Período I		1	2	3	1	2	3
Período II		2	3	1	3	1	2
Período III		1	2	3	1	2	3

a/ Los números arábigos corresponden a las raciones del Cuadro 2

Cuadro 4.—Producción de MS de rastrojo de frijol en parcelas de 68 m² y por ha

Tratamiento	Número plantas/parcela	% MS de rastrojo	Producción de rastrojo	
			kg MS/parcela	kg MS/ha
A	659	89,8	4,3	627
B	721	90,3	4,3	631
C	700	89,5	4,1	606
D	694	89,5	8,3	1.225
E	633	89,3	5,9	867
F	650	89,1	5,0	741
G	693	91,0	7,8	1.150
H	673	91,1	6,2	905
I	707	89,4	4,8	700
J	705	90,7	3,6	527
K	714	90,2	6,0	888
L	684	90,0	4,0	566
M	622	90,3	4,1	601
N	653	90,0	4,2	615
O	746	90,2	4,8	700
P	648	90,2	3,9	568

Resultados y discusión

Producción de materia seca, composición química y digestibilidad *in vitro* del rastrojo de frijol

Los datos de producción de rastrojo se presentan en el Cuadro 4, los cuales variaron entre 700 y 1.150

kg MS/ha/cosecha cuando se sembró solo, con un promedio de 906 kg, y entre 527 y 1.225 kg de MS/ha, con un promedio de 708 kg, cuando se sembró asociado a otros cultivos; es decir, en promedio, los rendimientos de rastrojo de frijol disminuyen al estar asociado con otros cultivos como resultado de una competencia por la radiación solar. Esto último como consecuencia de que la densidad de siembra del frijol fue constante en todas las parcelas.

En el mismo Cuadro 4 se observa que existe una notable respuesta del cultivo, en términos de biomasa, a la fertilización nitrogenada. Lo anterior se explica por el hecho de que los suelos donde se realizó el ensayo habían sido cultivados por largo tiempo y que se caracterizan por poseer un buen drenaje; esto, aunado a las condiciones de alta precipitación de la zona (2 600 mm/año), producen una fuerte lixiviación de nitratos. En consecuencia, se esperaría una respuesta a la fertilización nitrogenada. De hecho, la máxima producción de rastrojo (1 225 kg MS/ha) se obtuvo con el mayor nivel de fertilización, no obstante estar éste asociado con camote (tratamiento D en los Cuadros 1 y 4). Los datos sugieren que el principal nutrimento es N, al comparar, por ejemplo, los tratamientos J y M en los que a un mismo nivel de N, pero diferente tasa de aplicación de K, e igual combinación de cultivos, prácticamente no existen diferencias en producción de biomasa de frijol. Los resultados del presente trabajo concuerdan con los obtenidos por otros autores (8, 12), quienes indican que tanto la producción de grano como de biomasa de frijol está ampliamente influenciada por la fertilización nitrogenada.

En el Cuadro 5 se muestra la composición química y digestibilidad *in vitro* del rastrojo. Se observa que el contenido de proteína cruda del rastrojo entero, como también de sus componentes (tallos incluyendo raíces y hojas) es bajo. Esto indica que su uso en la alimentación de rumiantes puede estar restringido a aquellos casos en que se suministre una fuente adicional de nitrógeno, ya que se ha demostrado que el consumo de

Cuadro 5.—Composición química y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIMS) del rastrojo de frijol (*Phaseolus vulgaris*).

Material	% MS aire	% MS vacío	% Proteína cruda	DIMS	% Pared celular	% Contenido celular	% Hemicelulosa	% Celulosa	% Lignina	% Cenizas
Rastrojo entero (n = 16)	90,03 ±0,38	94,35 ±0,69	4,13 ±0,55	46,01 ±2,44	68,78 ±1,35	31,22 ±1,35	14,47 ±0,97	37,05 ±0,76	17,02 ±1,23	0,21 ±0,10
Tallos (n = 4)	91,75 ±0,36	94,97 ±0,41	4,00 ±0,12	37,05 ±1,37	78,22 ±1,27	21,78 ±1,27	16,12 ±0,35	42,03 ±0,26	19,78 ±0,33	0,29 ±0,07
Vainas (n = 4)	91,50 ±0,25	93,26 ±1,41	3,50 ±0,58	56,48 ±1,22	60,49 ±1,05	39,51 ±1,05	13,50 ±0,48	34,12 ±0,31	12,83 ±0,41	0,05 ±0,01

forrajes tropicales disminuye notablemente cuando el tenor proteico de estos materiales es menor de 7 por ciento en base seca (17), como consecuencia de una limitación en la cantidad de nitrógeno disponible para los microorganismos del rumen (7). Bajo estas condiciones, la tasa de crecimiento microbial y de fermentación de los alimentos disminuye, lo que resulta en un mayor tiempo de retención de los alimentos en el rumen y menor nivel de consumo.

En el mismo Cuadro 5 también se puede notar que la digestibilidad de la MS del rastrojo es relativamente baja, lo que podría ser el resultado de un bajo contenido de PC y un alto contenido de lignina. Esta última observación concuerda con datos obtenidos por otros investigadores (14), quienes en términos generales encontraron que los rastrojos de leguminosas tienen un mayor contenido de lignina que los rastrojos de cereales.

Comparando la digestibilidad de los dos principales componentes del rastrojo de frijol (Cuadro 5) se puede notar que las vainas tienen una mayor digestibilidad que los tallos. La diferencia entre la digestibilidad de estos dos componentes radica principalmente en diferencias en cuanto al contenido de pared celular y, principalmente, el de lignina. A este respecto, se ha encontrado que la lignina está inversamente relacionada con la digestibilidad de la materia seca (1, 5, 18), debido a una combinación o conjugación de la lignina con celulosa, disminuyendo así, la digestibilidad de ésta (1, 15). Los valores de los parámetros de composición química y digestibilidad obtenidos en el presente trabajo son menores a los reportados por Johnson y Pezo (13) y Johnson *et al.* (14), al analizar el mismo material.

Analizando la composición física del rastrojo ofrecido y del rastrojo no consumido, se encontró que existen grandes diferencias en cuanto a las proporciones de vainas y tallos, encontrándose estos últimos en mayor proporción en el material rechazado (Cuadro 6). Estas diferencias son el resultado de una alta selectividad por

Cuadro 6.—Composición física del rastrojo de frijol ofrecido y no consumido

Material	% Vainas vacías	% Tallos
Ofrecido a/	44,8	55,2
Rechazo Ración 1 b/	9,5	90,5
Rechazo Ración 2 b/	13,3	86,7
Rechazo Ración 3 b/	9,6	90,4

a/ Promedio de 4 muestras tomadas durante 4 días distintos

b/ Promedio de 6 animales durante 6 días distintos

Cuadro 7.—Consumo de materia seca total y de rastrojo de frijol

Ración	Consumo kg MS/100 kg peso vivo/día	Consumo de rastrojo kg MS/100 kg peso vivo/día
1	2,53	2,48
2	2,63	2,36
3	2,96	2,39

parte de los animales, la cual podría deberse a características de gustocidad aceptables al bovino (2). Además, tanto la composición química como la digestibilidad *in vitro* de las vainas presentan valores nutricionalmente más deseables (Cuadro 5), principalmente por su menor contenido de lignina. Es de notar que existe una alta correlación negativa entre el contenido de lignina del alimento y el consumo voluntario (1).

Asociado a las observaciones previas, el consumo total de las raciones en estudio fue alto (Cuadro 7). Se puede notar en el Cuadro 7 que el consumo de MS total tiende a aumentar conforme aumenta el contenido de melaza en la ración; sin embargo, este aumento no fue estadísticamente significativo. El consumo de MS de rastrojo tiende a disminuir conforme aumenta el nivel de melaza en la ración, indicando efectos sustitutivos (23) entre estos alimentos.

Conclusiones

Los resultados de esta investigación permiten concluir lo siguiente:

1. La producción de rastrojo de frijol es poco afectada si éste se cultiva sólo o en asociación con otros cultivos, aunque el nivel de nitrógeno aplicado influye positivamente en la cantidad de rastrojo producido.
2. Los valores de digestibilidad *in vitro*, y el consumo de rastrojo de frijol, observado con raciones que contienen 8 por ciento de PC, indican el alto potencial de este residuo como alimento para rumiantes.
3. El hecho de que el rastrojo de frijol se produce los inicios de la época seca y la facilidad de su conservación durante esta época, posibilitan su uso como forraje estratégico en la época de escasez de los pastos.

Resumen

Se realizó un experimento para determinar la producción de residuo de cosecha de frijol negro común

bajo diferentes situaciones de cultivo encontradas en pequeñas fincas de América Central. Se llevaron a cabo análisis de laboratorio para caracterizar su composición química y digestibilidad. Finalmente, usando un diseño de reversión se estimó el consumo voluntario del residuo de frijol con seis novillos añejos con un peso de 223 kg; se estudiaron tres raciones que diferían en contenido de melaza de caña (0,6; 8,8 y 17,9 por ciento en base seca), pero con igual concentración proteica (8 por ciento proteína cruda) logrado con adiciones de urea (1,24; 1,30 y 1,32 por ciento, correspondientemente). El resto de las raciones estuvo constituido por el residuo de cultivo. Se encontró que, cuando se trata de monocultivos, se puede esperar una producción de residuo de 700 a 1.151 kg de materia seca (MS)/ha/cosecha. En el caso de cultivos múltiples (comúnmente en asociación con maíz o yuca), la producción de residuo varía entre 527 y 1.225 kg MS/ha/cosecha. El residuo es seco (90% MS) y en tal forma podría almacenarse por períodos prolongados. Su análisis químico mostró un bajo contenido de proteína cruda (4,1%) y que la pared celular constituía el 68,8 por ciento de la MS total. También se caracterizó por un alto contenido de lignina (17,0%) asociado con un 46,0 por ciento de digestibilidad de MS *in vitro*. Considerando que el residuo está compuesto por 55,2 por ciento de tallos y 44,8 por ciento de vainas (vacías), se realizaron también comparaciones analíticas. No se encontraron diferencias en el contenido de proteína cruda, pero sí una menor concentración de lignina (12,8 vs. 19,8%) y mayor digestibilidad de la MS (56,5 vs. 37,0%) en la porción de vainas. Los animales prefirieron las vainas a tal grado, que un examen del alimento que quedaba en el comedero mostró una proporción de 8,1 por ciento de vainas y 91,9 por ciento de tallos, con poca variación debida al nivel de melaza suplementaria. Los consumos de MS total y de residuo de frijol fueron 2,53 y 2,48; 2,63 y 2,36; y 2,96 y 2,39 kg MS/100 kg peso vivo/día, correspondiendo a los niveles de melaza de 0,6; 8,8 y 17,9 por ciento de la ración. Se concluye que el residuo de frijol es bien aceptado por los bovinos y que con pequeñas adiciones de una fuente barata de N podría servir para alimentar animales durante la época seca, por lo menos para mantener el peso.

Literatura citada

1. ALLISON, D.W. y OSBOURN, D.P. The cellulose-lignin complex in forages and its relationship to forage nutritive value. *Journal of Agricultural Science* 74:23-36. 1970.
2. ARNOLD, G.W. The special senses in grazing animals. II. Smell, taste, and touch and dietary habits in sheep. *Australian Journal of Agricultural Research* 17:531-542. 1966.
3. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 11th ed. Washington, D.C., 1970. 1 015 p.
4. BACIGALUPO, A., VARA, M., PEREA, J. A., LESCANO, A., DELZO, F. y AGUILAR, T. S. Digestibilidad en ovinos, utilización por vacunos de broza de algodón sin procesar y procesada con hidróxido de sodio. *Memoria ALPA* 3:39-48. 1973.
5. BAILEY, R. W. y JONES, D. I. H. Pasture quality and ruminant nutrition. III. Hydrolysis of ryegrass structural carbohydrates with carbohydrases in relation to rumen digestion. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 14:847-857. 1971.
6. BATEMAN, J. V. Nutrición animal. Manual de métodos analíticos. México, Herrero, 1971. 469 p.
7. CAMPLING, R. C., FREER, M. y BALCH, C. C. Factors affecting the voluntary intake of food by cows. 3. The effect of urea on the voluntary intake of oat straw. *British Journal of Nutrition* 16:115-124. 1962.
8. CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. Sistemas de producción agrícola probados en el CATIE, Turrialba. Aspectos agronómicos y económicos. *In Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios*, 22a, San José, 1976. Memoria San José, Ministerio de Agricultura y Ganadería, 1976 v. 3. p. irr.
9. COSTA RICA. Dirección General de Estadística y Censos. Censos Nacionales de 1973. *Agropecuario* 3. 1974. p. CR-154.
10. GOERING, H. K. y VAN SOEST, P. J. Análisis de fibra de forrajes. Trad. del inglés por D. Pezo. La Molina Universidad Nacional Agraria, Programa de Forrajes y Misión Agrícola de la Universidad de Carolina del Norte. *Boletín N° 10*, 1972. 41 p.
11. GUTIERREZ, U., INFANTE, M. y PINCHINAT, A. Situación del cultivo de frijol en América Latina. Cali, Colombia, CIAT, Serie ES-19. 1975. 33 p.
12. INFANTE, M. A., SCOBIE, G. M. y GUTIERREZ, U. Producción y consumo de frijol seco y su contribución a la oferta de proteína cruda a nivel mundial. *In Programa Centroamericano de Cooperación para el Mejoramiento de Cultivos Agrícolas*, 20a, San Pedro Sula, Honduras, 1974. Memoria v. 2 pp. 69-70. 1974.
13. JOHNSON, W. L. y PEZO, D. Cell wall fractions and *in vitro* digestibility of Peruvian feedstuffs. *Journal of Animal Science* 41:187-194. 1975.
14. JOHNSON, W. L., PEZO, D. y JUSTO, V. Composición química y digestibilidad *in vitro* de algunos sub-productos agrícolas fibrosos. *Memoria ALPA* 10:99-109. 1975.
15. JOHNSTON, M. J. y WAITE, R. Studies in the lignification of grasses. I. Perennial ryegrass (S24) and cocksfoot (S27). *Journal of Agricultural Science* 64: 211-219. 1965.
16. LUCAS, H. I. Switch back trial for more than two treatments. *Journal of Dairy Science* 39:146-154. 1956.
17. MILFORD, R. y MINSON, D. J. Intake of tropical pasture species. *Proceedings of the IX International Grassland Congress Sao Paulo, Brazil* v. 1:815-822. 1965.

18. MOWAT, D. N., KWAIN, M. I. y WINCH, J. E. Lignification and *in vitro* cell wall digestibility of plant parts. *Canadian Journal of Plant Science* 49: 499-504. 1969
19. OH, J. W., WEIR, W. O. y LONGHUPST, W. M. Feed value for sheep of corn stalks, rice straw and barley straw as compared with alfalfa (Compendio) *Journal of Animal Science* 32:343. 1971
20. OVEJERO, M. y JAVIER, F. Digestible energy and metabolizable energy of leguminous straw for sheep. *Anales de la Facultad de Veterinaria, Universidad de León (España)* 13: 304-307. 1967
21. ROJAS, S. W. y REVALLOS, J. M. Utilización de coronta y cáscara de algodón en raciones para vacas lecheras (Compendio) *Memoria ALPA* 3:176. 1968
22. ILLEY, 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: 104-111. 1963
23. VOHNOUT, K. y JIMENEZ, C. Supplemental by-product feeds in pasture livestock feeding systems in the tropics. *ASA, Special Publications Bulletin* 2-1: 71-82. 1975.

Notas y Comentarios

La ingeniería genética y la vacuna contra la aftosa

El Comité Consultivo sobre RNA-recombinante, que asesora sobre ingeniería genética en los Estados Unidos, ha recomendado la aprobación de estudios sobre el virus de la aftosa, con el objeto de obtener eventualmente una vacuna contra la enfermedad, conforme lo anuncia Charles Marwick en *New Scientist* (December 13th, 1979, p. 853). Al mismo tiempo, algunos miembros del comité están visiblemente nerviosos sobre la propuesta: el comité también votó por nombrar un subcomité para mantener una supervisión sobre los estudios y revisar más detalladamente algunos aspectos del trabajo.

La recomendación del comité, hecha a comienzos de diciembre de 1979, ha sido descrita como "una acción importante". Antes de que se ponga en efecto, la recomendación tiene que ser aprobada por el Director de los Institutos Nacionales de Salud. Si la aprueba, constituirá un paso significativo en la regulación de la investigación sobre DNA-recombinante en Estados Unidos.

Las autoridades de salud pública de los Estados Unidos registran al virus de la aftosa como agente de la clase cinco, la más peligrosa. Los estudios de DNA-recombinante con todos los patógenos de clase cinco están actualmente prohibidos. En el caso del virus de la aftosa, no son permitidos ni estudios ordinarios de laboratorio; la única excepción es el Centro de Enfermedades Animales del Departamento de Agricultura en Plum Island, aguas afuera del extremo de Long Island, Nueva York. Los estudios propuestos sobre el virus de la aftosa tendrán lugar aquí. Como es sabido, sólo América Central, América del Norte, Australia y Nueva Zelanda están libres de la aftosa.

Las vacunas actuales contra el virus se preparan en cultivos de tejidos y son inactivadas con acetiltilenimina. Sin embargo, son menos que satisfactorias. La inmunidad es relativamente transitoria, durando sólo tres a seis meses. Esto quiere decir que son necesarias vacunaciones frecuentes. Existen siete tipos mayores y 53 subtipos del virus, por lo que las vacunas no siempre protegen contra el virus que está circulando en ese momento.

La fabricación misma de la vacuna tiene sus riesgos. Se necesitan grandes cantidades de virus y la contención es un problema. Algunos brotes de aftosa han sido atribuidos ya sea a un virus impropriamente inactivado o a un virus escapado del lugar de elaboración, manifestó al comité el Dr. J. J. Callis, director del laboratorio de Plum Island.

El uso de técnicas de DNA-recombinante para producir un antígeno significaría una vacuna más segura y más barata que se podría almacenar por períodos prolongados, haciendo posible planificar estrategias para combatir epidemias.

Una propuesta que aprobó el comité es un esfuerzo cooperativo entre los científicos de Plum Island, encabezados por Howard I. Bachrach, una reconocida autoridad en el virus, y la empresa comercial Genentech Inc de San Francisco, California. En los últimos dos años los científicos de Genentech han tenido éxito en desarrollar métodos moleculares para producir insulina, hormona humana de crecimiento y somatostatina.

Sin embargo, el trabajo propuesto es mucho más complicado que el de estas síntesis anteriores. Inicialmente, los investigadores de Plum Island aislarán la sección de la biblioteca genética del virus de la aftosa que es responsable de inducir la respuesta de inmunidad en los animales infectados (este es un gen que codifica a una de las cuatro proteínas, VP-3, del virus).

Los pasos finales abarcarán la prueba de la proteína producida en su potencia antigénica e inmunogénica. Esto será hecho en animales en Plum Island. Si los resultados son satisfactorios, entonces la VP-3 de otros tipos de aftosa será similarmente producida e incorporada en la sub-unidad de la vacuna.

Todos los experimentos de clonaje serán hechos en los laboratorios del Foreign Animals Disease Control en Plum Island. Estas instalaciones son mantenidas en condiciones que exceden los requerimientos para P-3 establecidas en las guías sobre DNA recombinante. El trabajo sobre los clones subgenómicos y la producción de DNA sintético será hecho por Genentech en California a un nivel de contención mucho más bajo.

Varios miembros del comité expresaron su preocupación por el bajo nivel de contención que habrá en Genentech. Se discutieron niveles más altos de contención, pero el comité finalmente acordó, por nueve votos a siete con dos abstenciones, que el nivel bajo sugerido era suficiente para fragmentos del genoma vírico los que era altamente improbable que produjeran un virus infeccioso. Los fragmentos serán probados en Plum Island para determinar falta de infección antes de ser llevados a California. Con todo, el comité formó un subcomité para examinar los datos conocidos en la actualidad sobre la infectividad del genoma vírico y de los clones subgenómicos que serán extraídos de Plum Island.

Publicaciones

Planta Daninha. La Sociedad de Herbicidas e Ervas Daninhas está publicando desde 1978 la revista *Planta Daninha* destinada a publicar los resultados de trabajos sobre malezas. Contendrá trabajos originales de investigación, revisiones de literatura y notas técnicas. El primer número, de fecha enero de 1978, contiene seis artículos y una nota técnica. Aunque la mayor parte de ellos trata sobre la acción de herbicidas sobre malezas, cultivos y suelos, hay un trabajo sobre nematodos asociados a malezas y otro sobre lixiviación de herbicidas. De periodicidad cuádrimetral, la dirección es: *Planta Daninha*, Caixa Postal 70, 13 100 Campinas, SP, Brasil.

Notas y Comentarios

Hacia una vacuna contra los tripanosomas

Los tripanosomas constituyen un obstáculo en el futuro de África. Estos protozoarios flagelados diezman a los animales domésticos en ciertas partes de ese continente, impidiendo el establecimiento de una ganadería próspera, por la terrible enfermedad nagana, por no mencionar la enfermedad del sueño (y la de Chagas en América) del hombre. Son, por consiguiente, un objetivo primordial de la campaña de la Organización Mundial de la Salud para encontrar nuevas formas de controlar los parásitos que asolan al Tercer Mundo. Ahora, el esfuerzo científico auspiciado por la OMS ha comenzado a producir resultados. Estos hallazgos pueden tener significación para otros flagelados parásitos del hombre y de los animales en otros continentes como América.

Un equipo de biólogos del Laboratorio Internacional de Investigación en Enfermedades Animales (ILRAD) en Nairobi, Kenya, ha dado un importante paso en la comprensión de uno de los principales obstáculos para erradicar la enfermedad. Esta es la ingeniosa estrategia del parásito de evadir las defensas naturales de inmunidad de sus víctimas, que hace impracticable la vacunación.

El nudo del problema está en la cubierta exterior del parásito, una capa de glicoproteína que adquiere cuando entra en la corriente sanguínea de un animal. Esta glicoproteína es la que el sistema de inmunidad del animal reconoce, y para la cual fabrica anticuerpos que deberían destruir al parásito. La infección se aplaca por poco tiempo ante el ataque de los anticuerpos. Pero el tripanosoma tiene un truco para evadir la captura; se pone a cambiar su capa proteínica, de manera que el sistema inmune no lo puede reconocer. Esto sucede una y otra vez, en una prolongada serie de batallas que el animal no puede ganar. Los científicos que han estado observando los cambios de cubierta en el laboratorio han contado más de 100 variantes. Claramente, ninguna sola vacuna podría dar protección.

Si los biólogos pudieran encontrar la forma cómo los tripanosomas operan esta desconcertante diversidad, ellos creen que podrían encontrar una manera de enfrentarse a los parásitos. Richard Williams y sus colegas John Young y Phelix Majiwa, del ILRAD han aplicado a este problema las herramientas más sofisticadas que se conocen en biología, las de la ingeniería genética (Cf *Turrialba* 20: 139; 21: 373), para ver si pueden encontrar la respuesta en los genes del animal (*Nature* vol 282, p. 8-17).

Tenían ya una idea de lo que estaban buscando. Por ejemplo, sabían que los cambios no se realizaban mediante mutaciones al azar, porque un parásito que ha sufrido variación revierte a su tipo original si se le usa para infectar un animal fresco. Tenían también sospechas de que el tripanosoma podría ser como otra célula infinitamente variable. Esa es la misma célula a la cual el tripanosoma ha evolucionado para vencer: el glóbulo blanco sanguíneo que produce la variedad sin fin de anticuerpos que reconocen las variantes sin fin de las cubiertas proteínicas del tripanosoma.

Se sabe que la variedad de células productoras de anticuerpos es el resultado del reordenamiento de genes anticuerpos. Para encontrar si los tripanosomas adoptan la misma táctica, Williams y sus colaboradores usaron procedimientos de ingeniería genética. Primero, extrajeron el mensaje genético, el RNA mensajero que especifica las cubiertas proteínicas, de cuatro diferentes variantes de una línea de tripanosomas, tomadas de un animal en diferentes etapas de una infección. Entonces usaron una enzima que maneja la maquinaria genética hacia atrás para hacer una copia DNA radiactiva del *gen* en el molde del RNA mensajero. Después usaron la copia radiomarcada como un sondeo en los cromosomas del tripanosoma.

Hicieron esto para los genes de las proteínas en las cubiertas de cuatro diferentes variantes, y entonces compararon los genes cromosómicos que los sondeos les habían identificado. Buscaron diferencias en el DNA de las distintas variantes. Hasta ahora, sólo han hecho un análisis algo crudo basado en los resultados de revolver el DNA cromosómico con enzimas que lo cortan en sitios específicos químicamente reconocibles. Estas enzimas son muy útiles para decidir si dos pedazos de DNA son idénticos porque si lo son, los cortarán en pedazos de idéntico tamaño.

Cuando Williams y sus colegas revolvieron el DNA que contenía los genes de la cubierta de proteína de cuatro diferentes variantes de tripanosomas, no consiguieron pedazos de tamaño idéntico. Esto les indicó no sólo que había habido cambios en el DNA sino que esos cambios eran en gran escala. Los pequeños cambios que no ocurrieron directamente en los sitios de corte simplemente no afectarían la disposición general de los fragmentos del DNA. Le podrían encontrar tales diferencias notables por un reordenamiento general del DNA. De tal manera que para producir nuevas cubiertas de proteínas, los tripanosomas parece que reordenan su DNA.

¿Podría este conocimiento conducir a una forma de vencer al parásito y eliminar su dominio sobre África? Esto no se sabrá hasta que los biólogos encuentren más sobre los mecanismos y sobre los cambios reales involucrados. Esto no es probable que tome mucho tiempo. El trabajo continúa a un paso furioso en varios laboratorios y hay buenas probabilidades de que el tripanosoma tendrá pocos secretos al finalizar 1980.

Buenas noticias sobre el dióxido de carbono

La compleja historia del efecto de invernadero del dióxido de carbono efectuó un nuevo viraje recientemente, con una afirmación de Sylvan Wittwer, de la Michigan State University, de que cualquier posible incremento en el dióxido de carbono en la atmósfera, en el futuro inmediato, hará más bien que mal a la agricultura del globo. Wittwer, quien es jefe de la Estación Experimental Agrícola de su universidad, desarrolló este tema en una de las sesiones de la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia en San Francisco (*New Scientist*, 31 de enero de 1980, p. 317).

Argumentó que cualquier que fuera el efecto de un aumento de dióxido de carbono sobre el clima, los agricultores ya enfrentan fluctuaciones mucho más grandes, año a año, en el clima. Pero un resultado seguro de una atmósfera enriquecida con dióxido de carbono es que los rendimientos de los cultivos mejoran, a veces dramáticamente. Así, un mundo hambriento podría estar menos hambriento conforme se acumule más dióxido de carbono en la atmósfera.

Desde 1860, la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera ha aumentado de 290 partes por millón (ppm) a 335 ppm, un aumento de un 13 por ciento. Desde 1948 la tasa de liberación de CO₂ ha aumentado anualmente en 4 por ciento, pero sólo la mitad del CO₂ liberado permanece en la atmósfera. Algo del resto debe disolverse en los océanos, pero algo puede muy bien ser absorbida en tasas mayores de crecimiento de los cultivos y de los bosques tropicales, aunque los bosques mismos están rápidamente destruyéndose por las actividades del hombre. La tasa actual de incremento del CO₂ atmosférico es de 1,5 ppm por año.

Los cultivos en invernadero en condiciones experimentales responden a niveles aumentados de CO₂, con rendimientos aumentados de 20 a 600 por ciento, con una fotosíntesis aumentada en 0,5 por ciento por cada 1 por ciento de aumento en el CO₂, hasta con concentraciones de 100 a 300 ppm por encima del nivel atmosférico actual. "Un incremento adicional hasta 400 ppm", dice Wittwer, "probablemente resultaría en un 20 por ciento de aumento en las tasas de fotosíntesis".