

POTENCIAL DEL USO DEL ESTIÉRCOL EN LA ALIMENTACIÓN DE LOS BOVINOS

Q.F.B. PABLO PÉREZ-GAVILÁN, DR. GUSTAVO VINIEGRA

*Laboratorio de Biotecnología, Instituto de Investigaciones Biomédicas,
Universidad Nacional Autónoma de México*

I. Introducción	241
II. Composición del estiércol	243
III. Manejo del estiércol	244
IV. Alimentación directa de estiércol a los bovinos	244
V. Digestibilidad del estiércol	247
VI. Fermentación del estiércol	249
1) Fermentación aeróbica	249
2) Fermentación anaeróbica	253
3) Ensilado	257
VII. El concepto de la prefermentación como modificador de la fermentación ruminal <i>in vivo</i>	258
Referencias	261

I. Introducción

En la búsqueda del hombre por incrementar la producción de alimentos para el mundo, se han realizado gran variedad de estudios para utilizar materiales orgánicos de poco valor comercial. De entre ellos han recibido particular interés las fibras celulósicas de bajo valor nutricional para el ganado. El volumen de estos subproductos

agrícolas sobrepasa la cantidad de 10.000,000 de toneladas al año en México, estando representados principalmente por el bagazo de la caña y las pajas de los cereales.

El enfoque de los estudios realizados sobre fibras celulósicas ha tenido dos principales líneas; una de ellas, su utilización para la producción de papel y la otra, el tratamiento químico de los subproductos para aumentar su digestibilidad ruminal.

Lo anterior ha planteado una estrategia de utilización de la energía contenida en las fibras, que utiliza al rumiante como parte final del proceso de aprovechamiento de esos subproductos agrícolas. Sin embargo, todavía existe una considerable pérdida de energía, ya que el animal no es 100% eficiente y un 30% del alimento no es aprovechado; para convertirlo en un sistema más eficiente, se ha planteado la recirculación del estiércol.

El rumiante ofrece buenas alternativas para utilizarse como cierre de proceso en donde se aproveche la energía, ya que tiene la posibilidad teórica de vivir de productos que no compiten con la alimentación del hombre, como son: celulosa y nitrógeno no proteico. El considerar la recirculación de su estiércol lo convierte en un sistema más eficiente para la utilización de subproductos agroindustriales.

El estiércol es el producto que se obtiene de la fermentación anaeróbica sucedida en el intestino de los residuos alimentarios no utilizados por el rumiante. Esta fermentación sintetiza una considerable cantidad de proteína que es desperdiciada, junto con parte de la energía no aprovechada. Su utilización promete algunos beneficios como son:

a) Abaratar el costo de alimentación

b) Recircular el nitrógeno no aprovechado

La cantidad de estiércol producido en México puede estimarse, en términos de 28 millones de cabezas de ganado, que producen 56 millones de kg de estiércol diario (2 kg/día animal), lo que representa una producción anual de 20.44 millones de toneladas, siendo esta cifra la que coloca al estiércol entre los subproductos orgánicos de mayor volumen.

En virtud del potencial que este desperdicio significa, se resumen en este trabajo algunas de las experiencias y puntos de vista que han tenido, en los últimos años, las personas interesadas en este

tema; también se expondrá el particular punto de vista de los autores sobre el mismo tópico.

II. Composición del estiércol

Un bovino alimentado a base de concentrados produce 1.1 kg de estiércol diario (9) y 3.7 kg alimentado con raciones normales (8).

Es obvio que la composición del estiércol esta influida por varios factores, siendo el principal, el tipo de la ración y su digestibilidad; otros factores que la afectan son: la edad del ganado y el estado general del animal.

La composición química del estiércol encontrada por varios autores, fue recolectada por Albin (1) Y se reproduce en el cuadro 1 donde se muestra que la máxima cantidad de proteína (N X 6.25) corregida por la humedad es de 19.5% (12) y la mínima 1.87%.

CUADRO I
CARACTERÍSTICAS QUIMICAS DEL ESTIÉRCOL DE BOVINOS

<i>Referencia</i>	<i>Peso de los animales</i>	<i>% Humedad</i>	<i>Nitrógeno en Por ciento</i>	<i>Fósforo en Por ciento</i>	<i>Potasio en Por ciento</i>
Loehr (12)	364	68	1.0	0.18	0.54
Taiganides y Hanzan (25)	454	68	0.9	0.09	0.44-
Morris (14)		líquido	0.24-0.6	0.09-0.25	0.14-0.28
Baines (6)		0	0.3 -1.3	0.15-0.5	0.13-0.92
Benne <i>et al</i> (7)		80	0.7	0.2	0.45
Hart (1960) (11)	432	85	0.5		

(Albin, R. C. J. *Animal Sci.* 32:803, 1971)

Recientemente Rhodes y Orton (23) mencionaron algunas características del estiércol como son: que el nitrógeno se encuentra soluble en un 70%, del cual, 20% está en forma de proteína y 30% en forma de urea y amoniaco. La proteína está representada principalmente por células vivas, teniendo éstas la capacidad de sintetizar proteína microbiana a partir de nitrógeno inorgánico. El crecimiento microbiano en el estiércol está limitado principalmente por la poca cantidad de carbohidrato que se encuentra disponible.

Utilizando como fundamento las características anteriores se desarrollaron las ideas de la fermentación del estiércol de la que se hablará más adelante.

III. Manejo del estiércol

Los estudios realizados en la Universidad de California, en Davis, por Clawson (8) llegaron a la conclusión de que ningún método de los ahora existentes llenaba satisfactoriamente las normas técnicas, económicas y sanitarias del manejo del estiércol de ganado estabulado.

La estimación sobre el costo del método tradicional, consistente en recoger el estiércol y regarlo como fertilizante, fue realizado por Van Daw y Perry (26) en California, estimando el costo en 2.00 Dls. por metro cúbico de estiércol manejado. Otra posibilidad para el manejo del estiércol fue estimada, la cual incluyó una industrialización. En el caso analizado, la deshidratación y el proceso se estimó en 30.50 Dls. por tonelada. Por otro lado, el quemar el estiércol fue estimado entre 10 Y 50 Dls. por animal al año.

Lo anterior hace notar los problemas a los que se han enfrentado en EU., los ganaderos con corrales que contienen de 2,000 a 10,000 cabezas de ganado y los costos expuestos, únicamente sirven de marcos de referencia ya que éstos son diferentes en otras partes del mundo. Uno de los procesos de industrialización que es interesante evaluar en términos económicos es la utilización del estiércol ensilado, ya que supuestamente debería ser de los más baratos.

IV. Alimentación directa de estiércol a los bovinos

Desde hace varios años está generalizada la alimentación de ganado con algunos subproductos industriales como excreta de gallina. Entre los primeros informes que hablan de la posibilidad de su utilización se encuentran los de Hammond (10) el cual habla de la sustitución de la alfalfa por excreta de gallina y contenido ruminal seco. Sin embargo, los intentos de utilizar estiércol de bovino no han sido de práctica común.

En 1962 Anthony y Nix (5), establecieron con sus estudios la posibilidad de alimentar rumiantes con su mismo estiércol y más recientemente; Anthony W. B., (3) comparó el valor nutritivo del estiércol en función del aumento de peso. Los experimentos realizados mostraron las diferencias de substituir un 40% de una dieta basal (cuadro II) por estiércol fertilizado o lavado (cuadro III). Otro expe-

CUADRO II

FORMULA DEL CONCENTRADO BASAL

Maíz picado	73 %
Harina de alfalfa	2.5%
Cascarilla de semilla de algodón	5 %
Melaza de caña	10 %
Harina de semilla de algodón (4.1%)	8 %
Sales	1 %
Fósforo libre de flúor	0.5%
<hr/>	
Vitamina A	1763 UI/Kg.
Estilbestrol	88 mg/Kg.
Clortetraciclina	6.17 mg/Kg

(Anthony, W. B. *J. Animal Sci.* 30:274, 1970)

CUADRO III

GANANCIA, EFICIENCIA Y DIGESTIBILIDAD DE DIETAS
CONTENIENDO ESTIERCOL

<i>Ración</i>	<i>Ganancia diaria kg.</i>	<i>Cantidad de alimento por kg de ganancia</i>		<i>% de Diges- tibilidad (a)</i>
		<i>Alimento completo</i>	<i>Estiércol</i>	
Basa! (B)	1.24 (c)	0.14		62.89
60% (B) + 40% es- tiércol esterilizado	1.23 (e)	8.48	1.47	67.36
60% (B) + 40% es- tiércol lavado	1.08 (b)	9.00	1.05	61.02
Ensilaje de maíz y mazorca de maíz (1 : 1) (d)	1.08 (b)	8.49		68.20

- (a) Cada valor es la media de 4 animales.
- (b) (c) Los valores con la misma letra no son diferentes (P>0.05).
- (d) La relación de maíz fue cambiada a 2.33: 1 en los últimos 70 días.

(Anthony, W. B. *J. Animal Sci.* 30:274, 1970)

CUADRO IV

GANANCIA, EFICIENCIA Y DIGESTIBILIDAD DE DIETAS CON ESTIÉRCOL

Ración	Ganancia diaria kg.	Cantidad de alimento por kg de ganancia		% de Digestibilidad(a)
		Alimento completo	Estiércol	
Basal	1.16	9.20		40.36 (b)
Estiércol sin tratar	1.00	8.52	1.66	46.61(c)
Estiércol este- rilizado	0.99	8.75	1.70	45.56(c)

(a) La digestibilidad fue realizada en bolsas de nylon. Cada valor es promedio de cuatro animales (4 bolsas por cada animal fistulado).

(b) (c) Los valores con la misma letra no son diferentes ($P>0.05$).

(Anthony, W. B. *J. Animal Sci*, 30:274, 1970)

CUADRO V

GANANCIA Y CONVERSION ALIMENTICIA DE ANIMALES
ALIMENTADOS CON ESTIÉRCOL Y :MAIZ
A DIFERENTES NIVELES

Relaciones maíz-estiércol	1: 1	1: 2	1: 3
Consumo voluntario (M.S. % P.V.) (a)	2.46	3.0	2.91
Ganancia diaria (kg.)	0.47	0.41	0.40
Conversión alimenticia	11.5	14.7	19.2

(a) Materia seca en % del peso vivo.

Todas las diferencias obtenidas no fueron significativas ($P>0.05$).

(Smith, L. W. and Gordon, C. H. *J. Animal Sci*. 33:300, 1971)

rimento comparó la esterilización con el estiércol sin tratar (cuadro IV). En estos experimentos, el estiércol fue mezclado directamente y sin secar y los resultados indicaron que el tratamiento con calor no tuvo efecto beneficioso en el aumento de peso, ni en la digestibilidad, pero, la sustitución del 40% del concentrado por estiércol permitió una ganancia diaria de 1 kg Y fue bastante alentadora.

A pesar de los buenos resultados obtenidos por Anthony, existen reportes del mismo año (24) en los que se alimentaron vaquillas en crecimiento con estiércol deshidratado, las dietas se suplementaron con urea hasta hacerlas isonitrogenadas a 15.5% de proteína cruda. Las proporciones de maíz a estiércol fueron de 1: 1, 1: 2 y 1: 3. La dieta fue dada *ad libitum* y a los dos meses, los 15 animales en experimentación se timpanizaron. De los resultados (cuadro v) sería interesante evaluar, en forma económica, la cantidad de alimento que fuese substituida por el estiércol, en función del detrimento en la ganancia, ya que la baja conversión alimenticia estaría compensada por la gran cantidad de estiércol en la ración.

V. Digestibilidad del estiércol

La evaluación de la digestibilidad del estiércol se ha realizado tanto *in vivo* (17) como *in vitro* (27). Los experimentos *in vivo* mostraron una disminución de la digestibilidad de la dieta en función del estiércol; los resultados se tabulan en el cuadro VI. El estiércol fue suministrado en forma seca, y la dieta mostró también un decremento en la digestibilidad de las proteínas.

CUADRO VI

DIGESTIBILIDAD DEL ESTIERCOL

	<i>% de digestibilidad</i>
Control (sin estiércol)	80.2
45% de grano de maíz y cascarilla + estiércol	59.8
45% maíz molido + estiércol	60.9
45% grano de maíz y cascarilla + ensilaje de maíz y estiércol	53.1
45% maíz molido + ensilaje de maíz + estiércol	52.4
94% maíz molido + grano de maíz y cascarilla + composta de estiércol	40.3

(McClure, K. E., *et al. J. Animal Sci.* 33:292, 1971)

Los estudios *in vitro* fueron realizados con el objetivo de comparar la digestibilidad del estiércol con el estiércol tratado con diferentes substancias químicas. Entre ellas se encuentra el NaOH y

Ca (OH)² siendo más utilizada la primera para liberar a las fibras de su contenido en lignina.

Los principales intentos de deslignificación para hacer más digeribles las fibras han sido realizados sobre bagazo de caña (22) y residuos de la industria del papel (16) con algunos resultados positivos con respecto a la digestibilidad; con la misma intención se realizaron los del estiércol. Los resultados se reproducen en el cuadro VII.

CUADRO VII

EFFECTOS DE DIFERENTES TRATAMIENTOS QUIMICOS EN LA DIGESTIBILIDAD *IN VITRO* DEL ESTIÉRCOL

Substancia utilizada	Estiércol (alfalfa)		Estiércol (sudan)	
	degradada g/100 g	digerida g/100g	degradada g/100g	digerida g/100 g
Control	0	8	0	18
NaOH	35	16	41	54
Ca(OH) ₂	34	17	39	56
Na ₂ O ₂	51	16	39	52
CH ₃ CO ₃ H	0	9	0	23
Ca(C10) ₂	0	11	14	14
NaC10 ₂	9	15	11	38

(Smith, J. W., Goering, H. K., and Gordon, C. H. *J. Animal Sci.* 31:1205,1970)

El tratamiento consistió en poner en contacto 3 g de cada substancia con 100 g de estiércol fresco y dejado durante 3 semanas a temperatura ambiente (27). Los resultados de los experimentos (cuadro VII) indican que el estiércol obtenido de animales alimentados con diferentes forrajes tienen distinta respuesta ante el tratamiento, ya que la máxima digestibilidad obtenida en el cuadro VII por medio de la suma de la fibra degradada y la digerida, fue de 95% en el caso del estiércol obtenido con animales alimentados con pasto sudán (en los tratamientos con NaOH, Ca(OH)₂ y Na₂O₂) mientras que el estiércol obtenido de animales alimentados con alfalfa logró un máximo aumento de la digestibilidad de 67% en el tratamiento con Na₂O₂.

Un enfoque diferente para el tratamiento y la recirculación del estiércol fue propuesto por Babb y Fosgate (28) con la lombriz de

tierra (*Lumbricus terrestris*) crecida en estiércol. La cantidad de lombrices en dos kg de estiércol fue de 1 kg y las lombrices, ya secas, fueron encontradas como magnífico fertilizante o como suplemento para ganado. El análisis de la lombriz en base seca fue de: 57% de proteína y 28% de grasa.

VI. Fermentación del estiércol

Como el estiércol es un material biodegradable e inestable, en las condiciones en que naturalmente se encuentra en los establos, surgió la idea de utilizarlo como materia prima para la producción de proteína microbiana por medio de fermentaciones industriales.

1) *Fermentación aeróbica del estiércol*

En 1968 se realizó un estudio para producir levaduras con el estiércol como materia prima (29). El proceso consistió en lo siguiente:

- a) Una separación de la fibra y un tratamiento al calor con ácido al 3% para su hidrólisis; neutralización después del tratamiento e incorporación a la parte soluble del estiércol. El análisis de las fibras antes y después de tratadas se encuentra en el cuadro VIII. La cantidad de materia seca solubilizada por el tratamiento fue de 43% y contenía 11 % de azúcar con la composición del cuadro IX.
- b) La mezcla del extracto del estiércol, junto con el del tratamiento ácido de la fibra fueron fermentados aeróbicamente a 40°C con un inóculo de *S. cerevisiae* durante 40 horas.
- c) El producto fue secado y analizado con los resultados del cuadro X. Con este procedimiento fue posible aprovechar el 68.57% del estiércol para la fermentación.

Otra de las fermentaciones aeróbicas de la parte soluble del estiércol fue estudiada por Weiner y Rhodes (30) del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

El proceso consistió básicamente en la extracción del material soluble, esterilización y fermentación de éste con un inóculo de microorganismos del mismo estiércol en condiciones de aerobiosis. La fermentación fue mantenida por 28 días, muestreada a diferentes intervalos y analizada (cuadro XI). Los resultados mostraron un

CUADRO VIII

COMPOSICIÓN DE LA FIBRA DE ESTIÉRCOL ANTES Y DESPUÉS DEL TRATAMIENTO ACIDO

	% de materia seca	
	<i>Fibra sin tratar</i>	<i>Fibra tratada</i>
Proteína cruda	9.37	7.4
Extracto etéreo	3.4	7.1
Fibra ácido detergente	40.9	87.4
Lignina	9.3	49.0
Cenizas	9.1	

(Singh, Y. K., and Anthony, W. B. J. *Animal Sci.* 29: 1136, 1968)

CUADRO IX

COMPOSICIÓN DE AZÚCARES EXTRAÍDOS DEL TRATAMIENTO ÁCIDO AL 3% DEL ESTIÉRCOL

<i>Azúcares</i>	%
Glucosa	31.5
Galactosa	6.2
Arabinosa	15.5
Xilosa	46.8

(Singh, Y. K., and Anthony, W. B. J. *Animal Sci.* 29: 1136, 1968)

CUADRO XCOMPOSICIÓN DEL PRODUCTO OBTENIDO POR LA FERMENTACIÓN DEL ESTIÉRCOL CON *S. CEREVISEAE*

<i>Componente</i>	%
Proteína cruda	18.9
Extracto etéreo	8.9
Fibra ácido detergente	29.1
Lignina	18.1
Cenizas	33.1

(Singh, Y. K., and Anthony, W. B. J. *Animal Sci.* 29:1136,1968)

CUADRO XI
CAMBIOS EN LA FERMENTACIÓN DE LAS SUBSTANCIAS SOLUBLES DEL ESTIÉRCOL

Tiempo de fermentación (días)	pH	Alcalinidad (mg/100 ml)	Cantidad de células (mg/100 ml)	Sólidos totales (mg/100 ml)	COD* (mg/100 ml)	N (a) (mg/ml)
0	6.47	1.77	92	865	9,100	0.55
2	8.30	1.04	262	760	3,400	0.23
4	8.60	1.31	218	684	2,400	0.35
7	8.72	1.51	156	520	1,600	0.32
10	8.73	1.35	131	444	1,300	0.28
14	8.87	1.26	72	380	1,800	0.26
17	8.85	1.12	90	415	1,300	0.18
21	8.47	1.14	83	348	1,200	0.06
24	8.20	1.29	63	359	1,000	0.03
28	8.10	—	184	427	700	0.04

* COD: Demanda química de oxígeno.

a) N: Nitrógeno por Kjeldahl.

(Weiner, B. A. and Rhodes, R. A. Comunicación personal, 1975)

aumento del pH, una máxima producción de células a los 2 días y una pérdida constante de nitrógeno.

Todos los datos obtenidos son desalentadores para la posible utilización de este tipo de procesos para mejorar las condiciones nutritivas del estiércol, ya que el crecimiento de enterobacterias y la pérdida de nitrógeno no son favorables.

Los mismos autores (31) estudiaron la posibilidad de crecer estreptomicetos en la parte soluble del estiércol. Se probaron 200 cepas, algunas de ellas aisladas del mismo estiércol y otras de la colección del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Los resultados mostraron que únicamente el 20% de las cepas eran capaces de crecer y que tenían un rendimiento de micelio de 0.6 a 2.7 g/lt, al mismo tiempo, había una utilización de nitrógeno de 21 a 50%. El efecto de suplementar el filtrado de estiércol con una fuente de carbono adicional mostró un aumento en la utilización de nitrógeno y el rendimiento de células por litro (cuadro XII).

CUADRO XII

CRECIMIENTO DE FUSARIUM OXYSPORUM N-R1 5826 EN LA PARTE SOLUBLE DEL ESTIÉRCOL SUPLEMENTADO CON GLUCOSA

Glucosa	Células (g/lt.)	N(mg/ml)		COD (mg/lt) (a)	
		Inicial	Final	Inicial	Final
0	2.7	1.04	0.65	17,200	8,800
0.1	3.5		0.58	18,500	8,450
1.0	6.0		0.56	27,600	9,200
3.0	13.3		0.37	48,300	10,700

(a) Demanda química de oxígeno.

El incremento fue de 1.067 mg O₂/lt por cada 1.00 mg de glucosa agregada/97%. Este valor fue medido por el método de la American Public Health Association.

(Moore, J. D. and Anthony, W. B. J. *Animal Sci.* 30:324, 1970)

A pesar de haber sido mejorados los rendimientos de células con la adición de glucosa, parece ser que la fermentación del estiércol en forma aeróbica no es la más apropiada para su aprovechamiento, ya que su aplicación industrial tiene serias limitaciones de carácter económico, que se expresan como sigue:

- a) Altos costos de manejo y separación de las partes solubles del estiércol.
- b) Dificultad en el escalamiento por los grandes volúmenes de operación ya que la utilización del 0.35% del estiércol producido en México necesitaría un manejo de mil toneladas diarias (base húmeda), lo que implicaría un nivel de tecnificación que sería incosteable por tenerlo que importar o desarrollar a costos muy elevados.
- c) El proceso tiene operaciones unitarias que elevan considerablemente el costo como son: esterilización, aereación y secado.

Por estas razones y algunas más, la ruta de fermentación del estiércol en forma aeróbica no parece ser la forma más adecuada para su aprovechamiento e industrialización.

2) Fermentación anaeróbica del estiércol

Los ensayos realizados por la ruta de la fermentación anaeróbica del estiércol han sido realizados por Moore y Anthony (32).

El interés principal que ha motivado este tipo de fermentaciones es el de aumentar la cantidad de proteína contenida en el estiércol. La incubación anaeróbica de este desperdicio a 37° C con ajustes de pH cada 25 hrs (con NHs anhidro) y fermentada durante 3 días produce un aumento de la proteína cruda del estiércol en base seca, de 16.99 a 43.26% y un incremento neto en aminoácidos del 20%. Las proporciones de ácidos grasos obtenidos en la fermentación se indican en el cuadro XIII.

CUADRO XIII

PORCIENTO DE ÁCIDOS ORGÁNICOS PRODUCIDOS DURANTE LA FERMENTACIÓN DE ESTIERCOL A 37° C

<i>Ácidos</i>	<i>% Base seca</i>
Acético	7.20
Propiónico	1.27
Butírico	1.34
Valérico	0.11
Láctico	16.83

(Moore, J. D., and Anthony, W. B. *J. Animal Sci.* 30:324, 1970)

Para evaluar la posibilidad de alimentar a los bovinos en dietas con estiércol fermentado y con alto contenido en acetato y lactato de amonio, se probó la palatabilidad de dietas conteniendo estiércol y lactato y acetato de amonio, resultando ambas de igual aceptabilidad. También se probó la toxicidad en ovejas de lactato y acetato de amonio comparadas con urca, resultando la del acetato mayor que la de la urea, pero menor que la del lactato.

Por otro lado, observando las dificultades de la fermentación aeróbica de los desechos animales el mismo departamento de Agricultura de los Estados Unidos (23), desarrolló una fermentación anaeróbica del residuo no fibroso del estiércol, con grano de maíz molido.

El procedimiento consistió en mezclar en una revolvedora de cemento: 2 partes de maíz molido, por 1 a 1.2 partes de estiércol sin fibra. La revolvedora giraba a 0.5 rpm, lo que mantenía la anaerobiosis.

Las condiciones de fermentación descritas fueron sostenidas durante 35 hrs, después de las cuales se secó el producto con la introducción de aire a 60° e; la humedad, después de 12 a 14 horas, era menor de 12%.

La composición de ácidos orgánicos producidos du-

CUADRO XIV

CONTENIDO DE ÁCIDOS ORGÁNICOS EN LA FERMENTACIÓN DEL ESF *

Ácidos	Composición en % (a)	
	1 (b)	2(b)
Acético	22.5	13.2
Propiónico	3.9	2.8
N-butírico	54	3.9
iso-valérico	0.43	0.30
n-valérico n-	0.96	0.90
caproico	0.83	0.83
Láctico	65.7	77.6
No identificados	1.8	0.3

* ESF (Estiércol sin fibra).

- (a) Composición en por ciento calculada por la integración de las áreas de los picos; promedio de tres determinaciones hechas por cromatografía gas-líquido.
- (b) 1 y 2 son dos diferentes fermentaciones en revolvedora de cemento.

(Rhodes, R. A., and Orton, W. L. *Meeting of the American Society of Agricultural Engineers*. Stillwater, Oklahoma, Junio 23-26, 1974)

CUADRO XV
COMPOSICIÓN DE AMINOÁCIDOS DEL PRODUCTO OBTENIDO
DE LA FERMENTACIÓN DE (ESF) Y MAÍZ

Aminoácidos	Maíz no fermentado		Maíz fermentado con (FESF)		Porcentaje de cambio	
	g/100 g	g/16 g N	g/100 g	g/16 g N	g/100 g	g/16 g N
Lisina	0.25	2.6	0.3	3.1	32	19
Histidina	0.25	2.7	0.27	2.6	8	-4
Amoniaco	0.33	3.5	0.38	3.5	15	NC
Arginina	0.45	4.7	0.51	4.8	13	2
Aspartico	0.54	5.6	0.68	6.4	26	14
Treonina	0.32	3.3	0.38	3.6	18	9
Serina	0.42	4.4	0.50	4.7	19	9
Glutámico	1.59	16.6	1.84	17.2	16	4
Prolina	0.66	6.9	0.75	7.0	14	1
Glicina	0.35	3.7	0.46	4.3	31	16
Alanina	0.64	6.7	0.80	7.4	25	10
1/2 Glicina	0.13	1.4	0.16	1.5	23	7
Valina	0.44	4.5	0.52	4.8	18	7
Metionina	0.20	2.1	0.27	2.5	35	19
Isoleucina	0.31	3.3	0.38	3.6	23	9
Leucina	1.01	10.6	1.14	10.7	13	1
Tirosina	0.38	4.0	0.54	4.1	42	2
Fenilalanina	0.42	4.3	0.49	4.6	17	7
Porcentaje de nitrógeno		1.54		1.73		12
Rendimiento de nitrógeno		89.8		94.4		

(Rhodes, R. A., and Orton, W. L. Meeting of the American Society of Agricultural Engineers. Stillwater, Oklahoma. Junio 23-26, 1974)

CUADRO XVI
 CRECIMIENTO DE RATONES ALIMENTADOS CON EL PRODUCTO
 DE LA FERMENTACION DE (ESF) Y MAÍZ

Dieta	Días (a)				
	1	10	21	42	74
Maíz no fermentado	14.7 (11.6-16.3)	15.6 (10.2-18.8)	17.6 (11.9-20.5)	20.0 (12.6-22.8)	23.3 (21.3-25.8)
Maíz fermentado con (ESF)	1.48 (1.2.5-16.3)	1.51 (12.8-18.1)	1.57 (13.1-20.1)	20.2 (17.0-23.8)	21.9 (18.6-24.9)
Alimento comercial	13.0 (10.7-15.5)	22.1 (19.0-24.1)	1.57 (26.0-31.2)	33.2 (26.3-38.7)	34.9 (29.2-39.9)

(a) Promedio de seis ratones suizos en cada dieta (g).

Los valores entre paréntesis son el rango de variación.

(Rhodes, R. A., and Orton, W. L. *Meeting of the American Society of Agricultural Engineers*. Stillwater. Oklahoma. Junio 23-26, 1974)

rante la fermentación (cuadro XIV) denotó una producción considerablemente alta de ácido láctico.

El producto seco fue analizado en su composición de aminoácidos (cuadro XV), denotando un aumento de lisina, metionina, tirosina y alanina principalmente. También fue probado en alimentación de ratones obteniendo una respuesta al crecimiento equivalente a la del maíz sin fermentar (cuadro XVI).

3) *Ensilado del estiércol*

Habiendo demostrado Anthony la factibilidad de alimentar con estiércol a los rumiantes (5, 33), él mismo reconoció ciertas desventajas en el proceso (4), ya que en la práctica era difícil mezclar el concentrado con el estiércol fresco diariamente. Además surgía la necesidad de desarrollar un producto más estable y con esto comenzó la idea de ensilar el estiércol (Wastelage).

El estiércol ensilado con pastos en una proporción de 57:43 (estiércol-pastos) y alimentado a borregos de un año en sustitución de silo de maíz, dio por resultado lo que se resume en el cuadro XVII (2). Los aumentos de peso son alentadores, sin embargo no se explica el cambio de la dieta que presenta el autor en su trabajo (cuadro XVII).

CUADRO XVII

GANANCIA DE PESO DE ANIMALES ALIMENTADOS CON
ENSILAJE DE ESTIERCOL

<i>Tratamiento</i>	<i>Ganancia de peso (kg)</i>	<i>Conversión alimenticia. kg de alimento</i>
Concentrado únicamente	1.16	9.20
Ensilaje de maíz a libre acceso	0.91	8.29
Ensilaje de estiércol a libre acceso (a)	0.98	9.06

(a) A los 86 días de esta dieta, fue cambiada por 40% de ensilaje de estiércol, 57% de grano de maíz y 3% de suplemento proteico.

Las dietas de ensilaje fueron suplementadas con 1.8 kg de maíz y 0.455 de suplemento proteico.

(Anthony, W. B. *J. Animal Sci.* 27:289, 1968)

Ardí y Elías(34) han hecho silos experimentales en Cuba con 35% de estiércol (base húmeda), melaza 50%, sorgo 14% y urea 1 %. Estos silos fueron analizados a los 1, 2, 4, 8, 15, 21 y 35 días. Los resultados mostraron que los silos tenían buen olor (un poco ácido y alcohólico) y el pH subió de 6.4 a 7.6 en las primeras 24 hrs, para después descender lentamente hasta 4.8 a los 32 días.

El nitrógeno insoluble, como porcentaje del nitrógeno total, aumentó diez veces en los primeros 8 días pero el nitrógeno total disminuyó a la mitad del valor inicial.

Estudios parecidos han sido realizados en México por T. R. Prestan (comunicación personal) con resultados similares a los de Hardy y Elías (34) usando silos experimentales de caña de azúcar con estiércol, melaza y urea.

VII. El concepto de la prefermentación como modificador de la fermentación ruminal in vivo

Existen estudios en los que se habla de que los inóculos microbianos son capaces de modificar transitoriamente la fermentación en el rumen (15) y se utilizan como terapéutica en algunos trastornos de los rumiantes; sin embargo, la posibilidad de modificar la fermentación ruminal con inóculos masivos de microorganismos en forma continua no se ha desarrollado.

Esta área de investigación ha sido explorada por los autores en México durante los últimos dos años, teniendo como objetivos primordiales los siguientes;

- a) Utilizar el estiércol como fuente de microorganismos capaces de transformar nitrógeno inorgánico en proteico.
- b) Realizar una fermentación de subproductos industriales, en condiciones parecidas a los rumiantes, que produzcan metabolitos deseables. Para esto se aprovecha la posibilidad de la versatilidad que ofrece un fermentador que puede ser manipulado artificialmente.
- c) Utilizar esta fermentación para inducir o modificar tanto fermentaciones en los silos como la fermentación ruminal en el animal.

Los estudios preliminares sobre la fermentación continua *in vitro*, de inóculos ruminales y miel de caña-urea (20) revelaron, que el

uso de la melaza-urea producía proporciones de ácidos grasos volátiles parecidas a las reportadas *in vivo* de animales intoxicados con miel-urea (13).

Esta deficiencia se atribuyó a la falta de proteína en la dieta (21), ya que lo mismo sucedía con diferentes fuentes de carbono que carecían de fuente de nitrógeno proteico y no sucedía cuando se agregaba una fuente de aminoácido a la miel de caña-urca (cuadro XVIII).

CUADRO XVIII

CANTIDADES DE AGV EN LA FERMENTACION CONTINUA DE VARIOS SUSTRATOS CON INOCULOS DE CONTENIDO RUMINAL

<i>Sustrato</i>	<i>Acético(a)</i>	<i>Propiónico (a)</i>	<i>Butírico (a)</i>
Miel-urea	7.0	0.2	10.2
Sacarosa-urea	14.3	0.8	15.8
Almidón-urea	13.65	0.0	0.44
Miel-almidón-urea	9.8	0.6	5.7
Miel-urea-aminoácidos	9.2	0.59	0.18

(a) Los valores son tomados a las 150 hrs.

AGV - Ácidos grasos volátiles.

Nota: Las condiciones iniciales de la fermentación fueron:

Contenido ruminal	60%
Saliva artificial	20%
Carbohidrato-urea 2%	20%

(Pérez Gavilán y Escalante, J. P., Cardoso, M., and Viniegra González, G. *Rev. Cubana de Ciencia Agrícola* (en prensa), 1975)

El estiércol ofrecía varias ventajas para resolver este problema ya que, contenía nitrógeno proteico en cantidades considerables, tenía la capacidad de sintetizar proteína a partir de nitrógeno inorgánico o no proteico y su fermentación, con fuentes de carbono adicional, producía metabolitos deseables. Esto dio la pauta para diseñar un proceso por el cual se reutilizara el estiércol a través de una fermentación anaeróbica en condiciones ruminales y que fuera capaz de corregir el desbalance de ácidos grasos volátiles producidos en animales alimentados con miel de caña y urea (19).

El proceso consistió en fermentar estiércol, miel de caña y urea durante 24 hrs en condiciones de anaerobiosis. Terminada la fermentación, se agregó más melaza-urea y bagacillo de caña suficiente para no dejar residuo líquido. El alimento así preparado, se colocó en bolsas de plástico y se dio a vacas Holstein, substituyendo al concentrado.

Los resultados del cuadro XIX, muestran una modificación radical de las proporciones de los ácidos grasos volátiles comparadas con las encontradas por Benavides y Preston (35) los que inducían el principio de la modificación ruminal por medio de la prefermentación del estiércol.

CUADRO XIX

ÁCIDOS GRASOS VOLÁTILES PRODUCIDOS EN EL RUMEN POR ANIMALES ALIMENTADOS CON ESTIÉRCOL FERMENTADO

<i>Alimento</i>	<i>Acético</i>	<i>Propiónico % Molares</i>	<i>Butírico de ácidos</i>
Melaza (b)			
Estiércol fermentado (Biofermel)	64.7±0.9(c)	26.3±3.3(d)	9.0±2.9(e)
Melaza urea (a)	44.5	9.6	36.2
Concentrado (b)	69.9±3.0(c)	20.6±1.7(d)	9.6±1.1 (c)

(a) Experimento reportado por Benavides y Prestan (35).

(b) Se les dio rastrojo de maíz como forraje.

(c) Significancia mayor de 0.05.

(d) Significancia menor de 0.01

El modificar la fermentación ruminal con este tipo de procesos abre la posibilidad de modificar también la fermentación en los silos, con el objeto de mejorar la calidad nutritiva de ellos y abaratar el costo con la adición del estiércol; además, puede pensarse que la prefermentación pueda hacer ensilables algunos productos agrícolas que tengan dificultad para ello, tal es el caso de la caña de azúcar y algunos productos de zonas áridas.

En resumen, podemos decir que existen muchas y muy variadas posibilidades para la utilización del estiércol y que no está lejos el día en que los rumiantes sean más eficientes por medio de la alimentación de su propio estiércol directa o indirectamente.

ADDENDUM

En fecha reciente, nuestro grupo de investigación ha demostrado que es factible alimentar a cientos de novillos usando un alimento con 70% de sólidos, compuesto de: melaza (60%), lastre fibroso (20%), estiércol (5%) y urea (2.5%); si, se ha prefermentado en forma anaeróbica (*Proceso Biofermel*).^{*} En esas condiciones se obtiene un alimento con un 65% de digestibilidad, medida *in vivo* e *in vitro*, según Soriano y colaboradores (36), que puede utilizarse en las relaciones 1: 5 : 10 (maíz: Biofermel: pasto verde) y que, suplementado con 50 g. de proteína vegetal, puede rendir conversiones alimenticias de 6: 1 (alimento seco:ganancia ponderal) , ganancias ponderales de 900 g. Diarios y una notable reducción de los costos alimenticios en relación a las dietas basadas en maíz y pasto (37).

REFERENCIAS

1. Albin, R. C.: Handling and disposal of cattle feedlot waste. *J. Animal Sci.* 32: 803, 1971.
2. Anthony, W. B.: Wastelage. A new concept in cattle feeding. *J. Animal Sci.* 27: 289, 1968.
3. Anthony, W. B.: Feeding value of cattle manure for cattle. *J. Animal Sci.* 30: 274, 1970.
4. Anthony, W. B.: Animal waste value nutrient recovery and utilization. *J. Animal Sci.* 32: 799, 1971.
5. Anthony, W. B. y Nix, R. R.: Feeding potential of reclaimed fecal residue. *J. Dairy Sci.* 45: 1538, 1962.
6. Baines, S.: *Some aspects of the disposal and utilization of farm wastes.* J. Proc. Just. Sewage Publication. p. 578, 1964.
7. Benne, E. J., Hogland, C. R., Longnecker, E. D. y Cook, R. L.: Animal manures - what are they worth today? *Mich. Agr. Exp. Sta. Res. Bull.* Núm. 231, 1961.
8. Clawson, W. J.: Economies of recovery and distribution of animal Waste. *J. Animal. Sei.* 32: 816, 1971.
9. Grub, W., Albin, R. C., Wells, D. M., Y Eheaton, R. Z.: The effect of feed design, and management on the control of pollution from beef cattle feed lots. *Anim. Waste Manage.* Conf. Cornell Univ. N. L. State Coll. Agr. Ithaca, p. 217, 1969.
10. Hammond, J. C.: Dried cow manure and dried rumen contents as a partial substitute for alfalfa meal. *Poul. Sci.* 23: 271, 1944.
11. Hart, S. A.: The management of livestock manure. *Trans. Amer. Sce. Agr. Engr.* 3: 78, 1960.

* Patente en trámite.

12. Loer, R. C.: *Pollution implications of animal wates - a forward oriented review*. V. S. Dept. Jut. Fed. Water Pollution Control Admin. Ada. Ikylahoma, 1969.
13. Marty, R. J. y Prestoll, T. R.: Proporciones molares de los ácidos grasos de cadena corta (AGV) producidos en el rumen de ganado vacuno alimentados con dietas altas en miel. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* 4: 189, 1970.
14. Morris, W. H. M.: Economies of liquid manure disposal from confined livestock. *Proc. Nat. Symp. Anim. Waste Manage Amer. Sec. Agr. Engr.* Pub.No. SP-0366, p. 126, 1966.
15. Hungate, R. E.: *The rumen and its microbes*. London Academic Press Ltd. 1966.
16. Millett, M. A., Baker, A. J., Satter, L. D., McGovern, J. N. and Dinius, D. A.: Pulp and paper making residues as feedstuffs for ruminants. *J. Animal Sci.* 37:92, 599, 1973.
17. McClure, K. E., Vance, R. D., Klosterman, E. W., and Preston, R. L.: Digestibilidad of feces from cattle fed finishing rations. *J. Animal Sd.* 33: 292, 1971.
18. Okey, R. W., Rickles, R. N. and Taylor, R. B.: Relative economics animal waste disposal by selected wet and dry techniques. *Anim. Wastll Manage. Conf.* Cornell Univ. N. Y. State Coll. of Agr. Ithaca, p. 369, 1969.
19. Pérez Gavilán y Escalante, J. P., Cardoso, M. y Viniegra-González, G.: Fermentación *in vitro* de la miel de caña por inócwo de estiércol. Trabajo presentado en el V Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, México, D. F., 13-15, nov., 1974.
20. Pérez Gavilán y Escalante, J. P., Cardoso, M., Aguilar, Ma. T., Gaytán, T. y Viniegra-González, G.: La predigestión microbiana anaeróbica de los carbohidratos como una posible fuente de nutrientes para el ganado rumiante. Trabajo presentado en la X Reunión Nacional de la Sociedad Mexicana de Bioquímica. Mérida, Yucatán, noviembre 17-21, 1974.
21. Pérez Gavilán y Escalante, J. P., Cardoso, M. and Viniegra-González, G.: Ecological constraints of anaerobic fermentation of cane molasses with rumen inocula. *Rev. Cubana de Ciencia Agrícola.* (En prensa.) 1975.
22. Randel, P. F.: A comparison of digestibility of two complete rations containing either raw or alkali treated surgar cane bagasse. *J. Agriculture of the University of Puerto Rico* 41: (1), 18, 1972.
23. Rhodes, R. A., and Orton, W. L.: Sol id substrate fermentation of feed lot waste combined with feed grains. Trabajo presentado en la reunión de la American Society of Agricultural Engineers. Stillwater, Oklahoma, junio 23-26, 1974.
24. Smith, L. W. and Gordon, C. H.: Dairy cattle manure-com-meal rations for growing heifers. *f. Animal Sci.* 33: 300, 1971 (resumen).
25. Taiganides, E. P. and T. E. Hazen: Properties of form animal excreta. *Trans. Amer. Soc. Agr. Eng.* 9: 374, 1966.
26. Van Dam., J. and Perry, C. A.: Manure management cost and product forms. *Calif. Agr.* Vol. 22: 12, 1968.

27. Smith, J. W., Goering, H. K., and Gordon, C. H.: *In vitro* digestibility of chemically treated feces. *J. Animal Sci.* 31: 1205, 1970
28. Babb, M. R. and Fosgate, O. T.: Recycling animal waste using *Lumbricus terrestris*. *J. Dairy Sci.* 54: 777, 1971.
29. Singh, Y. K. and Anthony, W. B.: Yeast Production in manure solubles. *J. Animal. Sci.* 29: 1136, 1968.
30. Weiner, B. A. and Rhodes, R. A.: Submerged fermentation of filtrate from feed lot waste with indigenous organisms. *Comunicación personal.* 1975.
31. Weiner, B. A. and Rhodes, R. A.: Fermentation of feed lot filtrate by fungi and streptomycetes. Enviado para publicación, 1975.
32. Moore, J. D. and Anthony, W. B.: Enrichment of cattle manure for feed by anaerobic fermentation. *J. Animal Sci.* 30: 324, 1970.
33. Anthony, W. B.: Utilization of animal waste as feed of ruminants. *Proc. Natl. Symp. Anim. Waste Manage.*, ASAE Pub. No. SP-1366, 109, 1966.
34. Hardy, G., and Elías, A.: A note on some chemical characteristics of *in vitro* manure/molasses silage (en preparación para la Rev. Cubana en Agri.), 1974.
35. Benavides, M. C. y Preston, T. R.: Forraje plástico sintético en dietas basadas en miel para ganado. *Rev. Cubana C. Agri.* 5: 319, 1971.
36. Soriano, J., I. Tejada y A. Shimada. Digestibilidad en borregos del Biofermel. Resúmenes. 1^a. *Reunión Internacional sobre la utilización de la caña en la Alimentación Animal.* Veracruz. (En prensa.) Junio, 1976.
37. Pacheco, V. F., J. P. Pérez Gavilán, R. Álvarez y J. I. Sánchez. Análisis económico preliminar y perspectivas del proceso Biofermel. Resúmenes. 1a. *Reunión Internacional sobre la utilización de la caña en la alimentación animal.* Veracruz (en prensa), Junio, 1976.