

EL COBRE COMO ADITIVO EN DIETAS PARA CERDOS ALTAS EN FIBRAS O EN MELAZA^a

JOSE A. CUARON IBARGUENGOITIA^b

DAVID MAYEN MENA^{b,c}

RESUMEN.

Para estudiar el efecto de promoción del crecimiento por el cobre (Cu de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 1kg/t), ante el uso de niveles altos de fibra o de melaza, se realizaron cuatro experimentos involucrados 142 cerdos en crecimiento-finalización.

Los cerdos en los experimentos 1, 2 y 4 se alojaron individualmente, mientras que en el tercero se usaron corraletas colectivas con cuatro cerdos cada una. En el experimento 1, se formularon tres dietas isoenergéticas: sorgo-pasta de soya (SS); SS + 9.87% de ensilaje de Merkeron deshidratado y SS + 9.87% de ensilaje de Merkeron + Cu. Para el experimento 2 se usó un arreglo factorial 2 (niveles de Cu, 0 ó 250 ppm) x 2 (niveles de alfafa, 0 ó 20%). En una aproximación similar, en el experimento 3, se usó en lugar de heno de alfafa, heno de avena. También con un arreglo factorial, el experimento 4 incluyó Cu o no y dos niveles de melaza (7.6 y 39%). El Cu promovió el crecimiento ($P < 0.025$) en los experimentos 3 y 4, pero no se notaron mejoras sobre SS (3 al 16%) en el resto de los experimentos. En las dietas con forraje la mejora en la ganancia de peso fue del 4 al 21%. Cuando se usaron niveles altos de melaza, el

Cu interactuó ($P < 0.001$) con el nivel de ésta para aumentar la ganancia de peso solo con bajas concentraciones de melaza. Cuando se usaron forrajes, la eficiencia alimenticia mejoró por la adición de Cu de un 9 a un 25%, mientras que con SS alcanzó mejoras del 1 al 8%.

Se sugiere que el Cu puede modificar la digestión fermentativa, mejorando la eficiencia de uso de la energía, pero solo cuando se usan forrajes, ya que la ganancia de peso g/Mcal EM consumida fue de: SS, 80.34; SS + Cu, 82.66; SS + fibra, 77.54 y SS + fibra + Cu, 86.42.

INTRODUCCION.

Los animales no rumiantes, aunque con menor eficiencia que los rumiantes, son capaces de digerir y utilizar los alimentos fibrosos y de obtener de ellos nutrimentos^{12, 13, 18, 30}. La fibra se degrada hasta ácidos grasos volátiles por la actividad microbiana, para luego ser absorbidos y cubrir parte de las demandas de energía del animal^{17, 18, 19}. En respuesta a la adición de forraje, se altera la actividad microbiana en el ciego y colon proximal y aumentan las especies y el número de bacterias con actividad celulítica^{5, 38, 39}.

Por otro lado, a la fecha se sigue cuestionando el modo de acción de las drogas antimicrobinas como aditivos promotores del crecimiento. Las revisiones de Hays¹⁵, Jukes¹⁶ y Visek⁴⁰ apoyan la conclusión de que la

a Recibido para su publicación el día 11 de febrero de 1988. Trabajo parcialmente financiado por el Patronato de Apoyo a la Investigación y Experimentación Pecuaria en México, A.C.

b Centro Nacional de Investigación Disciplinaria Fisiología, INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION FORESTAL Y AGROPECUARIAS, Apartado Postal 29-A, Querétaro, Gro. 76020, México.

c Domicilio Actual: Alfa Alimentos, Dirección de Estado Natural Lamartine 346, Col. Polanco, México 11570, D.F.

Téc. Pec. Méx. Vol. 27 No. 3 (1989)

microflora intestinal está importante-mente involucrada en el efecto. Además de la evidencia indirecta, los agentes antimicrobianos provocan cambios directos en la población bacteriana^{10, 40, 41}, que junto con los inducidos por la fibra pueden afectar el metabolismo energético del animal, como lo demostraron Sherry y col.³³ y Ravindran y col.³², cuando los antibióticos mejoraron la utilización de la energía de una dieta alta en fibra, pero no de una dieta baja en ella.

El cobre, a partir de sulfato pentahidratado ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), es un efectivo promotor del crecimiento cuando este se adiciona a la dieta de cerdos a razón de 125 a 250 ppm^{2,3,6}. En general se acepta, que el modo de acción por el cual el cobre promueve el crecimiento es por sus propiedades bacteriostáticas o bactericidas¹⁵. Sin embargo, por la dilución que alcanza a nivel intestinal, el efecto antibiótico es cuestionable. Su acción parece ser bien selectiva, modificando más el metabolismo bacteriano que destruyendo a las bacterias, favoreciendo, la actividad de una por sobre la de otras. El resultado es conducir a la microbiota en beneficio del animal, de modo parecido al de los antibióticos ionóforos y otros aditivos en la dieta, que se han usado con éxito en los rumiantes para cambiar los patrones de fermentación, lo que redundo en un aumento de la eficiencia energética de la misma^{4, 7, 23, 31}.

Como secuela de lo anterior, parece lógico suponer que el cobre como aditivo en la dieta de cerdo puede resultar de mayor provecho cuando en la formación se incluyen forrajes, a pesar de esto, no existe a la fecha evidencia que fundamente esta suposición, por lo que, como punto de partida, se plantearon los trabajos que a continuación se describen y cuyo

objetivo fue examinar la posible interacción entre el nivel de fibra, independientemente de su composición, en la dieta y la adición del cobre como promotor del crecimiento.

MATERIAL Y METODOS.

Se realizaron cuatro experimentos usando cerdos provenientes de un cruzamiento alterno Duroc-Landrace. En todos los casos, el alimento se ofreció a consumo voluntario 2 veces por día, habiéndose registrado el consumo diariamente. Las corraletas individuales o colectivas se localizaron en naves de tipo frente abierto, que contaron con piso de concreto (1.2m^2 por animal como mínimo), comedores de tolva y bebedero automático.

Las raciones, en todos los casos, se formularon isoprotéicas y, en lo posible de igual contenido de calcio y fósforo, partiendo de la composición analizada de los ingredientes³⁷. La formulación, a excepción de la energía, se hizo para satisfacer o exceder el consumo mínimo de nutrientes recomendado por el NRC²⁹. Cuando se incluyeron forrajes, estos fueron deshidratados al sol y molidos hasta pasar por una criba de 4 mm, para integrarse a la dieta con el resto de los ingredientes. La inclusión de forrajes se hizo con el objeto de que aportaran fibra y el criterio para su adición fue: inicialmente para duplicar el contenido de fibra de una ración sorgo-pasta de soya (SS) y posteriormente para alcanzar un 10% de fibra cruda. La melaza, como una fuente de hidratos de carbono solubles, se usó con aproximadamente 78 Brix y aunque se haya analizado el contenido de nitrógeno, este fue descartado en el cálculo de las raciones. Los criterios para la adición de melaza fueron: como aditivos para mejorar la textura o bien,

para que aportara el 30% de la energía metabolizable de la dieta.

El cobre (Cu), cuando se adicionó, fue como promotor del crecimiento a razón de 250 ppm, ie, 1.0 kg. de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ /t de alimento.

En todos los casos los animales se alimentaron a libertad y se pesaron cada 14 días con fines de supervisión y vigilancia, ya que los pesos inicial y final fueron los que se usaron para el cálculo de la ganacia diaria de peso.

Los análisis estadísticos, para los diseños que se describen a continuación se hicieron según las recomendaciones de Steel y Torrie³⁶.

Experimento 1. Mediante la adición de aceite vegetal crudo, se formularon

tres dietas isoportéicas: 1. Sorgo-pasta de soya; 2. Como en 1.0 + 9.87% de ensilaje de merkeron deshidratado (*Pennisetum purpureum* Schumad, var. *Merkeri*) y 3. Como en 2. + Cu. Las dietas resultantes (Cuadro 1.), se ofrecieron a 10 cerdos machos castrados, con un peso inicial promedio de 64.7 ± 5.55 kg. alojándose individualmente. El experimento se condujo durante 42 días en un diseño completamente al azar con 3 ó 4 observaciones por tratamiento.

Experimento 2. Producto de un arreglo factorial 2 (niveles de Cu:0 y 250 ppm) x 2(niveles de alfalfa: 0 y 20%), se ofrecieron cuatro dietas (en las que no se igualó la energía resul-

CUADRO 1. COMPOSICION DE LAS DIETAS BASALES ALTAS EN FIBRA O EN MELAZA PARA CERDOS (EXPERIMENTO 1-4)^a.

INGREDIENTES %	EXPERIMENTO 1		EXPERIMENTO 2		EXPERIMENTO 3		EXPERIMENTO 4	
	SS ^b	W ^c	SS	W	SS	W	SS	W
Sorgo (grano)	85.81	70.66	84.42	69.39	84.30	52.87	73.00	25.45
Pasta de soya	10.90	11.70	9.88	4.88	9.30	10.60	9.20	13.65
Pasta de cañamo	—	—	3.00	3.00	—	—	5.00	10.00
Harina de pescado	—	—	0.50	0.50	1.50	2.00	2.50	5.00
L-lisina.hcl	—	—	—	—	0.20	0.03	—	—
Aceite crudo vegetal	0.70	5.27	—	—	—	—	1.50	6.00
Fosfato dicálcico	2.00	2.00	1.70	1.73	1.20	1.00	0.70	0.40
Premezcla ^d	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Ensilaje de merkeron ^e	—	9.87	—	—	—	—	—	—
Heno de alfafa ^e	—	—	—	20.00	—	—	—	—
Heno de avena ^e	—	—	—	—	—	30.00	—	—
Melaza de caña	—	—	—	—	3.00	3.00	7.60	39.00
COMPOSICION ANALIZADA, BASE HUMEDA, %								
Proteína cruda	13.01	12.83	13.43	13.47	13.10	13.21	13.87	14.93
Fibra cruda	2.74	5.85	4.38	10.40	2.83	11.03	3.98	4.74
Calcio	0.50	0.48	0.71	0.76	0.56	0.57	0.75	0.78
Fósforo	0.43	0.47	0.62	0.73	0.55	0.54	0.52	0.49
E.M. Mcal/kg (calculada)	3.13	3.13	3.08	2.71	3.08	2.71	3.08	3.08

a) Según se describe en el texto, las dietas adicionales con cobre, fueron la basal correspondiente, más 1kg de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ /t de alimento.

b) Corresponde a una dieta convencional cuya formulación parte de sorgo y pasta de soya (SS).

c) W, identifica a las dietas basales en las que se incluyó algún forraje o niveles altos de melaza (experimento 4).

d) Premezcla de vitaminas (0.10%) minerales traza (0.40%)²⁷

e) Los forrajes se incluyeron deshidratados y molidos.

tante, Cuadro 1) a 16 cerdos machos castrados, con peso inicial promedio de 71.8 ± 8.92 kg. y alojados individualmente, por lo que en un diseño de bloques (fecha de inicio en la prueba) al azar, se contó con cuatro observaciones por dieta. Al igual que en el experimento 1, los animales se condujeron por 42 días.

Experimento 3. Con un total de 96 cerdos (48 machos castrados y 48 hembras), cuyo peso inicial promedio fue de 60.5 ± 3.29 kg. y que fueron alojados en corraletas colectivas de cuatro cerdos, se midió la respuesta al ofrecerles una de las dietas: 1. Sorgo-soya; 2. Como 1 + Cu; 3. Como 1 + 30% de heno de avena y 4. Como 3 + Cu. En este caso, tampoco se ajustó la energía resultante de la dieta (Cuadro 1.).

El experimento se siguió durante 56 días en un diseño de bloques al azar, con un arreglo factorial 2×2 (2 niveles de fibra y 2 de Cu) con seis observaciones por dieta, cada una con dos machos y dos hembras o tres machos y una hembra o bien, tres hembras y un macho, siendo este el criterio para la formación de los bloques. Esto se hizo para tener animales lo más homogéneos posible en cuanto a peso inicial, edad y ganancia previa de peso por corral. Los criterios de respuesta, al igual que en los experimentos 1 y 2 fueron, la ganancia diaria de peso, el consumo diario de alimento y la eficiencia alimenticia. Además, al final del experimento se midió el grosor de la capa dorsal de grasa, expresada como el promedio de tres mediciones⁸.

Experimento 4. El plantiamiento de este trabajo fue similar al uso en los experimentos 2 y 3, solo que en lugar del ingrediente fibroso se empleó me-

laza. Los niveles de melaza (7.60 y 30.00%), se les impusieron factorialmente los dos niveles de Cu (0 y 250 ppm), habiéndose formulado las dietas isoprotéicas e isoenergéticas (Cuadro 1.).

En un diseño de bloques (fecha de inicio y sexo) al azar, se usaron 20 cerdos (12 machos y 8 hembras) con un peso inicial promedio de 39.3 ± 2.34 kg. Los animales se alojaron individualmente, por lo que cada tratamiento contó con un total de cinco observaciones. Además de la ganancia de peso y del consumo de alimento, se midió cada dos semanas la humedad de las heces, obtenidas estas directamente del recto, siendo el muestreo simultáneo a cada uno de los seis pesajes a los que se sometió a los cerdos. El criterio de humedad en las heces, dado el efecto laxante de la melaza se usó como un indicador de la velocidad de paso del alimento por el tubo digestivo^{25, 34}.

RESULTADOS.

El Cuadro 2 resume la información obtenida en los experimentos 1 a 3. En los dos primeros, no se obtuvieron diferencias ($P > 0.05$) en ninguno de los criterios de respuesta estudiados pero en el experimento 3, la adición del forraje deprimió ($P < 0.025$) la ganancia diaria de peso, mientras que la inclusión de 250 ppm de Cu provocó aumentos ($P < 0.05$) en este mismo criterio de respuesta.

Con la adición de forraje, en primera instancia, se reduce la densidad energética de la dieta, lo que en consecuencia debe resultar en mayores consumos de alimento. Esto se vitó en el experimento 1 con la adición de aceite, pero en los experimentos 2 y 3, al no incluirlo en la formulación, la energía resultante en la dieta fue me-

CUADRO 2. RESPUESTA PRODUCTIVA DE CERDOS EN FINALIZACION ALIMENTADOS CON FIBRA Y 250 ppm DE COBRE.

CRITERIO DE RESPUESTA/	TRATAMIENTOS ^a				
	EXPERIMENTO ^b	SS	SS+Cu	W	W + Cu
GANANCIA DIARIA DE PESO, kg/CERDO					
EXP 1	0.92	—	0.80	0.83	0.0263
EXP.2	1.05	1.08	0.76	0.92	0.0492
EXP.3 ^{c,d}	0.76	0.82	0.58	0.63	0.0108
CONSUMO DIARIO DE ALIMENTOS, kg/CERDO					
EXP 1	3.32	—	3.56	3.39	0.1614
EXP 2	4.23	4.36	3.68	3.64	0.1192
EXP 3 ^c	3.07	3.22	2.76	2.69	0.0459
EFICIENCIA ALIMENTICIA G/C					
EXP. 1	0.28	—	0.23	0.25	0.0058
EXP 2 ^c	0.28	—	0.23	0.235	0.0058
EXP 3 ^c	0.25	0.25	0.21	0.23	0.0053
GRASA DORSAL, cm.					
EXP 3	1.63	1.88	1.58	1.39	0.0911

a) SS = sorgo-pasta de soya.

+ Cu = Se adicionó Cu con CuSO₄·5H₂O (1kg/t).

W = Se adicionó fibra: exp 1, ensilaje de merkeron (9.87%); exp. 2, heno de alfafa (20%); exp. 3, heno de avena (30%).

b) Exp. 1, n = SS (3), W (3), W + Cu (4). Peso inicial promedio de 64.7±5.55 kg. Alojamiento individual.

Exp. 2, n = 4; Peso inicial promedio de 71.8±8.92 kg. Alojamiento individual.

Exp. 2, n = 6; Peso inicial promedio de 60.5±3.29kg. Alojamiento colectivo.

c) Efecto de la adición de fibra (P < 0.025).

d) Efecto de la adición de cobre (P < 0.05).

nor (2.71 vs 3.08 Mcal/kg). A pesar de esto, solo en el tercer experimento se encontraron diferencias en el consumo diario de alimento, que fue menor (P < 0.025) cuando se incluyó el heno de avena (3.14 vs 2.72 kg/cerdo/día). Esta disminución en el consumo, aumentó las diferencias en el aporte de energía por las dietas, siendo menor en un 23% contra el 12% esperado de haberse mantenido los consumos. En consecuencia, también el consumo de proteínas y otros nutrimentos, mantenidos constantes en la formulación, fue menor. En el experimento 2, se encontró que numéricamente la respuesta a la adición del heno de alfafa fue similar a la obtención en el experimento 3.

Solo en el experimento 3 se detectaron diferencias en la eficiencia alimenticia, que fue menor (P < 0.025) en los animales alimentados con heno de avena: 0.22 vs 0.25 kg ganados/kg consumidos, esto es, una disminución equivalente al 12% y similar a la pérdida de eficiencia obtenida en los experimentos 1 y 2 (14 y 8% respectivamente). La magnitud porcentual de diferencia fue proporcional al menor consumo de alimento en respuesta a la adición de forraje, lo que explica que las ganancias de peso hayan sido en un 24% menores.

En cuanto a la grasa dorsal, medida en el experimento 3, no se encontraron diferencias (P > 0.05) a pesar de que por el menor contenido ener-

gético, se esperaba un menor grosor del tejido subcutáneo en los animales alimentados con heno de avena.

El cuadro 3 incluye los resultados de la adición de Cu y un nivel alto de melaza (39%) en la dieta (experimento 4). En este caso, con dietas isoenergéticas, la adición de melaza incrementó las ganancias de peso ($P < 0.001$: 0.69 vs 0.78 kg/cerdo/día), pero la adición de cobre interactuó con el nivel de melaza ($P < 0.001$) al promover una mayor ganancia de peso cuando el subproducto se incluyó en bajas concentraciones y, por otro lado, deprimir la respuesta cuando se añadió la melaza al 39% de la dieta.

Mientras el consumo de alimento se mantuvo constante, independientemente de los niveles de melaza o Cu, no se encontraron diferencias ($P > 0.05$, $\bar{x} = 2.64$ kg/cerdo/día), en la eficiencia alimenticia, a pesar de que la velocidad de paso de alimento por el tubo digestivo fue aparentemente menor en las dietas con un nivel bajo de melaza, como lo sugiere la materia seca en las heces que fue mayor ($P < 0.001$) en estas dietas (Cuadro 3).

Aún cuando se analizó el efecto del tiempo consumido las dietas altas en melaza sobre la materia seca de las heces, este no fue significativo

($P > 0.20$), lo que indica que, al menos por 84 días, no hay adaptación de los animales para resultar en una mejor consistencia de las heces y/o menor velocidad de peso de la ingesta.

Para resumir y facilitar la interpretación de los resultados, el Cuadro 4 incluye los cambios porcentuales en la producción por la adición de forraje o melaza (W) y 250 ppm de Cu (+ Cu).

Con dietas sorgo-pasta de soya (SS), la adición de Cu efectivamente promovió el crecimiento, siendo mejorada la ganancia de peso, en relación a SS sin Cu, hasta en un 16 % y la eficiencia alimenticia hasta en 8 %.

Cuando se incluyó forraje en la formulación, tanto la ganancia de peso, como la eficiencia alimenticia se deprimieron, al comparar con SS, hasta en un 28 y 18 % respectivamente, en contraste, la inclusión de un nivel alto de melaza mejoró la respuesta en un 28 y 12 %. Dentro de las dietas altas en forraje, el Cu aumentó la ganancia de peso y eficiencia alimenticia, hasta en un 21 y 25 % respectivamente. Es de notarse que, contrario a lo que sucedió con SS, el Cu promovió más notablemente la eficiencia alimenticia que la ganancia de peso; mientras que las respuestas al Cu forrajero fueron positivas (como con SS), con melaza estas resultaron ne-

CUADRO 3. RESPUESTA PRODUCTIVA DE CERDOS EN FINALIZACION ALIMENTICIA CON MALEZA Y 250 ppm DE COBRE^a

Nivel de melaza en la dieta, %	7	7	39	39	
Adición de 250 ppm de Cu.	-	+	-	+	EEM
Ganancia diaria de peso, kg/cerdo ^b	0.64	0.74	0.82	0.73	0.0086
Consumo diario de alimento, kg/cerdo	2.84	2.65	2.84	2.61	0.0601
Eficiencia alimenticia, g/c	0.26	0.28	0.29	0.28	0.0059
Materia seca en heces, % ^c	35.63	33.14	28.46	27.94	0.5988

a) n = 5. Peso inicial promedio de 39.3±2.34 kg, Alojamiento individual.

b) Interacción melaza x Cu ($P < 0.001$).

c) Efecto del nivel de melaza ($P < 0.001$).

CUADRO 4. CAMBIO EN LA PRODUCCION POR LA ADICION DE FORRAJE Y/O COBRE.

EXPERIMENTO	TASA % ENTRE LAS DIETAS ^a			
	SS/SS + Cu	SS/W	W/W + Cu	SS/W + Cu
1.- Ganancias de peso	-	- 13	+ 14	- 10
Eficiencia alimenticia	-	- 18	+ 9	- 11
2.- Ganancia de peso	+ 3	- 28	+ 21	- 12
Eficiencia alimenticia	+ 4	- 17	+ 25	+ 4
3.- Ganancia de peso	+ 8	- 24	+ 9	- 17
Eficiencia alimenticia	0	- 16	+ 10	- 8
4.- Ganancia de peso	+ 16	+ 28	- 11	+ 14
Eficiencia alimenticia	+ 8	+ 12	- 3	+ 8

a) Incremento o pérdida porcentual por la dieta, en el dividendo, en función de la dieta, en el divisor:

SS = sorgo-pasta de soya.

+ Cu = se adicionó cobre, 250 ppm.

W = según el caso, forraje (experimentos 1-3) o melaza (experimento 4).

gativas.

En el Cuadro 4, al comparar las columnas SS/W y SS/W + Cu, se observa como los efectos depresores de la ganancia de peso por los forrajes fueron disminuidos cuando se usó Cu como aditivo. Esto fue más notable cuando se usó la eficiencia alimenticia como criterio de comparación; pero con la inclusión de melaza el patrón de la respuestas fue inversamente proporcional.

DISCUSION.

El efecto de promoción del crecimiento por el cobre sólo se manifestó en los experimentos 3 y 4 (Cuadros 2 y 3), aún cuando la mejora porcentual en la ganancia diaria de peso (Cuadro 4) fue parecida en los cuatro experimentos. Esta aparente inconsistencia pudo ser debida, entre otras a: el número de observaciones por tratamiento, que fue menor en los 2 primeros experimentos, teniendo por lo tanto, en el análisis de varianza, menos grados de libertad en el término del error; los pesos iniciales de los animales fueron mayores en los expe-

rimentos 1 y 2, por lo que era de esperarse una menor respuesta al aditivo que con animales más ligeros ¹⁵, ¹⁶ y solo en el experimento tres se alojó a los animales colectivamente, lo que contribuyó a aumentar la "tensión" ambiental (por presión social). A mayores tensores ambientales, mayor es la respuesta a los antibióticos (incluyendo al cobre) promotores del crecimiento ¹⁵. Esta mayor ganancia de peso fue el producto de un mayor consumo de alimento, por lo que, dentro de las dietas SS, la eficiencia alimenticia no se vió alterada mayormente.

En cuanto al efecto de la fibra, fue claro que la adición del forraje provocó una menor densidad energética de la dieta (Cuadro 1), y dado el mayor volumen de esta, los animales fueron incapaces de compensar la falta en el aporte de energía consumiendo una mayor cantidad de alimento, lo que ha sido bien discutido con anterioridad ^{1,22,28}.

La melaza en cambio, generó mayores ganancias de peso que SS. Esto no es extraño si se considera que las dietas altas en melaza fueron isoener-

géticas y físicamente más densas, lo que aunado a que, por la solubilidad de los azúcares en las dietas ricas en melaza, quizá se pudo inducir un efecto hiperinsulinémico²⁶, que provocara las mejores ganancias de peso y eficiencias alimenticias.

De mayor interés son los efectos combinados entre el cobre y los forrajes o la interacción entre el cobre y los niveles altos de melaza. Hipotéticamente al adicionar forrajes se espera, para satisfacer las demandas de energía del animal, una mayor dependencia de la digestión fermentativa^{18, 20, 39}. Cuando se añadió melaza en altas concentraciones la dependencia por la fermentación fue aún menor que en SS^{24, 25, 34}. Teorizando entonces en efecto promedio del crecimiento por el cobre se debe a la modificación del metabolismo bacteriano⁴⁰.

Si la actividad fermentativa bacteriana es mayor con forrajes, se explican los resultados obtenidos en los experimentos 1 a 3. El hecho de que con niveles altos de melaza (experimento 4) no se observó el efecto de promoción del crecimiento por el cobre, apoya la idea de una acción mayor de Cu cuando exista un proceso bacteriano fermentativo más intenso.

Sherry y col.³³ y Ranvindrán, y col.³² observaron mayor eficiencia en el uso de energía cuando a dieta altas en fibra se les adicionó un antibiótico. En este caso, al menos indirectamente (calculado como la ganancia de peso en función de consumo de energía metabolizable), sucedió lo mismo, ya que con las dietas altas en forraje la eficiencia energética se mejoró en un 13.51 %, siendo las medias ponderadas de 86.05 ± 4.902 y 75.81 ± 3.002 g/Mcal, mientras que con las dietas SS, la adición de cobre no alteró la eficiencia de utilización de energía, siendo las medias sobre experimen-

tos de 82.31 ± 4.670 (SS) y 81.76 ± 4.450 (SS + Cu), lo que tampoco sucedió con las dietas altas en melaza (93.71 ± 5.008 vs 90.80 ± 6.014 para melaza y melaza + Cu respectivamente).

Estos resultados parecen indicar que el cobre es capaz de modular la digestión fermentativa. Sin embargo, es necesario generar evidencia directa, ya que la fuente o el nivel del aditivo influirán en el efecto que tenga sobre la actividad microbiana como lo demuestran observaciones contrastantes de Forbes y Hamilton¹¹, Gargallo y Zimmeram^{12, 13, 14}, Sherry y col.³³ y Radindran y col.³².

Por otro lado, muchas de estas interacciones serán difíciles de definir mientras no se sepa más con respecto a la utilización de las fracciones de fibra por el cerdo, ya que el forraje influirá importamente al modificar la microbiota^{35, 38, 39}, así hay diferencias en la digestibilidad de la fibra entre fuentes, dadas las diferencias en la proporción y disposición de sus fracciones, por lo que se podrán alterar las constantes de fermentación y por ende de su utilización como lo han apuntado diversos autores^{9, 17, 18, 21, 35}.

Lo que resulta sugerir de este trabajo es que el uso de un promotor del crecimiento como el cobre provoque mayores beneficios cuando se adiciona a dietas altas en forraje; queda entonces la posibilidad de incluir estos últimos en la dieta del cerdo para ser usados con mayor eficiencia si se usa el aditivo. Sin embargo, queda por esclarecer si este efecto sucede independientemente de la cantidad y del tipo de forraje que se use, así como del modo específico de acción por el que el cobre actúa con el uso de estas dietas.

AGRADECIMIENTO.

Los autores agradecen a la M.V.Z. Gabriela Saldaña Q. por su asistencia en las determinaciones de laboratorio y a la Q.F.B., M.Sc. Irma Tejada de Hernández por haber facilitado el uso de su equipo.

SUMMARY.

Four experiments were conducted with 142 growing-finishing pigs, to evaluate the effects of copper as a growth promotant (Cu from $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ at 1kg/t when added to high fiber or high cane molasses diets.

Pigs in the 1st., 2nd and 4th experiments were housed individually, where as in the 3rd were allotted to collective pens (4 pigs to a pen). In experiment 1, 3 isoenergetic diets were formulated: 1. sorghum-soybean meal (SS); 2., SS + 9.87 % of dried *Pennisetum purpureum* V. Merkeri silage and 3., as 2. + Cu. In the 2nd experiment, a factorial arrangements was used: 2 (levels of Cu, 0 or 250 ppm) and 2 (levels of alfalfa hay, 0 or 20%). In a similar approach, experiment 3 included oats hay (0 or 30% of the diet).

Also in a factorial arrangements of treatments, experiment 4 included 2 cane molasses levels (7.6 or 39.0%) and 2(Cu levels).

Copper promoted growth ($P < 0.025$) in experiments 3 and 4, but improvement of body weight gain was noted in all experiments (3 to 16% over SS). Relative to SS, addition of Cu improved gains as much as 21%. Copper interacted ($P < 0.001$) with molasses level in the diet to improve gain only when the concentration of molasses was low. When fiber was included, feed efficiency was better (by 9 to 25%) if Cu was added; with SS the improvement was only of 1 to 8%.

It is suggested that Cu can conduct fermentative digestion, improving the efficiency of energy utilization, but only when high fiber diets are used, given that weigh gain, g/ME intake, Mcal were of: SS, 80.34; SS + Cu, 82.66; SS + fiber, 77.54 and SS + fiber * Cu, 86.42.

LITERATURA CITADA.

1 BAKER, D.H., BECKER, D.E., JENSEN, A.H. y Harmon, B.g. 1968. Effect of dietary dilution on performance of finishing swine. *J. Anim. Sci.* 27:1332.

2 BARBER, R.S., BRAUDE, R., MITCHELL, K.G., ROOK, J.A.F. y ROWELL, J.G. 1957. Further studies on antibiotic and copper supplements for fattening pigs. *British J. Nutr.* 11:70

3 CASTELL, A.G. y BROWLAND, J.P. 1968. Supplemental copper for swine. Growth, digestibility and carcass measurements. *Can. J. Anim. Sci.* 48:403.

4 CHAUPA, W., COBERT, W y BRETHOUR, J.R. 1978. Manipulation of rumen fermentation with monensin and ampicloral. *J. Anim. Sci.* 47 (Suppl. 1):410.

5 CRANWELL, P.D. 1968. Microbial fermentation in the alimentary tract of the pig. *Nutr. Abstr. Rev.* 38:721.

6 CRONWELL, G.L., HAYS, V.W. y CLARK, T.L. 1978. Effects of copper sulfate, copper sulfide and sodium sulfide on performance and copper store of pigs. *J. Anim. Sci.* 46:692.

7 CRUZ, S.R., LOPEZ, J. y CUARON, J.A. 1988. Inhibición de la actividad ureasica ruminal *in vitro* por el ácido aletohidroxámico. *Tec. Pec. Méx.* 26, (2):153.

8 CUARON I., J.A. y MAYEN M.D. 1988. Crecimiento compensatorio en cerdos sujetos a una severa restricción en el consumo de alimento. *Tec. Pec. Méx.* 26:(2):176.n

9 FAHEY, G.C., JR. FRANK, G.R., JENSEN, A.H. y MASTERS, S.S. 1980. Influence of various purified and isolated cell wall fibers on the utilization of certain nutrients by swine and hamsters. *J. Food Sci.* 45: 1675.

10 FINEGOLD, S.M. 1970. Interaction of antimicrobial therapy and intestinal flora. *Amer. J. Clin. Nutr.* 23:1466.

11 FORBES, R.M. y HAMILTON, T.S. 1952. The utilization of certain cellulosic materials by swine. *J. Anim. Sci.* 11:480.

12 GARGALLO, J. y ZIMMERMAN, D.R. 1980. Effects of dietary cellulose and neomycin on function of the celum in pigs. *J. Anim. Sci.* 51:121.

13 GARGALLO, J. y ZIMMERMAN, D.R. 1981a. Effects of dietary cellulose levels on

- intact and cecatomized pigs. *J. Anim. Sci.* 53:395.
- 14 GARGALLO, J. y ZIMMERMAN, D.R. 1981b. Effect of sunflower hulls on large intestine function in finishing swine. *J. Anim. Sci.* 53:1286.
- 15 HAYS, V.W. 1969. Biological basis for the use of antibiotics in livestock production. The use of drugs in animal feeds. *Nat. Acad. Sci. Pub.* 1697.
- 16 JUKES, T.H., 1971. The present status and background of antibiotics in the feeding of domestic animals. *Ann. NY. Acad. Sci.* 182:362.
- 17 IMOTO, S. y NAMIOKA, S. 1978. VFA's Productions in the pigs large intestine. *J. Anim. Sci.* 51:367.
- 18 KASS, M.L., VAN SOEST, P.J. y POND, W.G. 1980. Utilization of dietary fiber from alfalfa by growing swine. II. Volatile fatty acid concentrations in and disappearance from gastrointestinal tract. *J. Anim. Sci.* 50:192.
- 19 KENNELLY, J.A., AHERNE, F.X. y SAVER, W.C. 1981. Volatile fatty acid production in the hindgut of swine. *Can. J. Anim. Sci.* 61:349.
- 20 KEYS, J.E., JR., VAN SOEST, P.J. y YOUNG, E.P. 1970. Effects of increasing dietary cell wall content on the digestibility of hemicellulose and cellulase in swine and rats. *J. Anim. Sci.* 31:1172.
- 21 KORNEGAY, E.T., 1978. Feeding value and digestibility of soybean hulls for swine. *J. Anim. Sci.* 47:1272.
- 22 LEE, P.A. y CLOSE, W.H. 1987. Bulky feeds for pigs : a consideration of some non-nutritional aspects. *Livestock Prod. Sci.* 16:395.
- 23 LOPER, D.C., HARBER, L.M. y RICHARDSON, D. 1967. Effect of bacitracin , cooper sulfate and neomycin sulfate on ruminal urease in vivo. *J. Anim. Sci.* 26:924.
- 24 LY, J. 1975. Función cecal en el cerdo. Variación diaria de los parámetros cecales en cerdos alimentados con dietas basadas en mieles. *Rev. Cubana de Cienc. Agric.* 9:41.
- 25 LY, J. 1985. Digestión en el intestino grueso del cerdo alimentado con mieles de caña. 2. Tránsito de digesta. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* 19:33
- 26 LY, J. y VELAZQUEZ, M. 1970. Algunas observaciones sobre la glucosa sanguínea en cerdos alimentados con dietas basadas en azúcar y miel fina, miel ricas o granos. *Rev. Cubana de Cienc. Agric.* 4:201.
- 27 MARISCAL L.G. y CUARON I., J.A. 1988. Dietas bajas en proteína para cerdos en finalización. Efecto de la alimentación restringida y de la solubilidad de la proteína. *Tec. Pec. Méx.* 26, (2):162.
- 28 MRAZ, F.R., BOUCHER, R.V. y MCCARTHEY, M.G. 1957. The influence of the energy : volume ratio on growing response in chickens. *Poultry Sci.* 36:1217.
- 29 NRC 1979. Nutrient requirements of domestic animals No. 2. Nutrient requirements of swine. 8^o ed. *Rev. National Academy of Sciences*, National Research Council, Washington, D.C.
- 30 POND, W.G., YEN, J.T., LINDVALL, R.N. y HILL, D. 1981. Dietary alfalfa meal for genetically obese and lean growing pigs : Effects of body weight gain and on carcass and gastrointestinal tract measurements and blood metabolites. *J. Anim. Sci.* 51:367.
- 31 PRANGE, R.W., DAVIS, G.L. y CLARK, J.H. 1978. Propionate production, in the rumen of Holstein steers fed either a control or monensin supplemented diet. *J. Anim. Sci.* 46:1120.
- 32 RAVINDRAN, V., KORNEGAY, E.T. y WEBB, K.E., JR. 1984. Effects of fiber and virginiamycin on nutrient absorption, nutrient retention and rate of passage in growing swine. *J. Anim. Sci.* 59:400.
- 33 SHERRY, P.A., HARRISON, P.C. y FAHEY, G.C., JR. 1981. Dietary fiber and antibiotic interaction on nutritional and metabolic parameters in the growing pig. *J. Anim. Sci.* 53:1309.
- 34 SORIANO T., J. 1982. Causas y prevención de diarrea por consumo de melaza de caña en aves y cerdos. Tesis, M. en C. Facultad de Estudios Superiores-Cuautitlán-Universidad

Nacional Autónoma de México.

35 STANOGLIAS, G y PEARCE, G.R. 1985. The digestion of fibre by pigs. I. The effects of amount and type of fibre on apparent digestibility, nitrogen balance and rate of passage. *British J. Nutr.* 53:513.

36 STEEL, R.G.D. y TORRIE, J.H. 1980. Principles and procedures of statistics. A biometrical approach. Mc Gram Hill, 2ª Ed. San Francisco, Ca., USA.

37 TEJADA DE HERNANDEZ, I. 1983. Manual de laboratorio para análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal. Patronato de Apoyo a la Investigación y Experimentación Pecuaria de México, A.C. México, D.F.

38 VAREL, V.H., POND, W.G., PEKAS, J.C. y

YEN, J.T. 1982. Influence of high fibre on bac.

terial populations in gastrointestinal tracts of obese and lean genotype. *Appl. Environ. Microbiol.* 44:107.

39 VAREL, V.H., POND, W.G. y YEN, J.T. 1984. Influence of dietary fiber on the performance and cellulase activity of growing-finishing swine. *J. Anim. Sci.* 59:388.

40 VISEK, M.J. 1978. The mode of growth promotion by antibiotics. *J. Anim. Sci.* 46:1447.

41 WALLACE, H.D. 1970. Biological responses to antibacterial feed additives in diets of meat producing animals. *J. Anim. Sci.* 31:1118.