

# MONENSINA SODICA Y SULFATO DE COBRE COMO MEJORADORES DEL VALOR NUTRITIVO DE DIETAS CON RASTROJO DE MAIZ PARA CERDOS <sup>a</sup>

Fernando Cisneros González <sup>b</sup>

José A. Cuarón Ibargüengoytia <sup>c</sup>

## RESUMEN

Se realizaron dos experimentos usando una dieta sorgo-soya, 15% de rastrojo de maíz, a esta dieta, se añadieron dos niveles de Monensina sódica (0 y 20 ppm) y dos de cobre (0 y 250 ppm), resultando en cuatro tratamientos, cada uno con ocho repeticiones. El peso inicial de los cerdos en el primer experimento, una prueba de comportamiento, fue de  $42 \pm 1$  kg y en el segundo, en que se midió la digestibilidad de la materia seca y sus componentes, fué de 60 kg. El cobre no tuvo efectos sobre la respuesta productiva, pero la Monensina produjo un aumento equivalente al 11% en el consumo de alimento, explicado por una mejor digestibilidad de la materia seca ( $P < 0.05$ ). Sin embargo, esto no produjo una mayor ganancia de peso, quizá por el método de alimentación que restringió el consumo de energía. La Monensina indujo además mejoras ( $P < 0.05$ ) en la digestibilidad de la energía, paredes celulares, FDA, hemicelulosa y contenido celular. El cobre solo mostró un efecto positivo al incrementar ( $P < 0.05$ ) la digestibilidad de celulosa. Se concluye que bajo el sistema de alimentación usado, la Monensina o el sulfato de cobre pueden mejorar la digestión fermentativa, pero pueden no producir efectos benéficos en la productividad del cerdo en crecimiento y finalización.

Téc. Pecu. Méx. Vol. 31 No. 1 (1993)

## INTRODUCCION

La búsqueda de alternativas para la alimentación de cerdos obedece a razones de índole económico, donde la diversidad de los insumos, considerada la oferta, facilita la optimización en el uso de los recursos. Sin embargo, muchos de los alimentos son de naturaleza fibrosa, poco densos en nutrientes y por ende, poco redituables en un esquema de producción intensiva.

Cuando un alimento incluye ingredientes que aportan fibra, los cerdos pueden digerirla y obtener nutrientes, tanto de la porción soluble como, por procesos fermentativos en el intestino, de las diferentes fracciones de fibra. Por ejemplo, como producto de la actividad microbiana, los ácidos grasos volátiles (AGV) pueden llegar a proveer hasta el 20% de los requerimientos de energía neta de mantenimiento <sup>17,18</sup>.

El rastrojo de maíz es un esquilmado ampliamente disponible en el país; sin embargo, por su naturaleza fibrosa, es de muy pobre aprovechamiento por los cerdos, su digestibilidad es baja y además empeora la utilización de los otros componentes de la dieta <sup>3</sup>, pero puede usarse cuando el programa de alimentación se diseñe para aprovechar y promover la actividad microbiana intestinal. En estas condiciones, el uso de aditivos que dirijan la actividad fermentativa y aumenten la digestibilidad parecen una buena alternativa.

En los rumiantes, el uso de la monensina

<sup>a</sup> Trabajo parcialmente financiado por el Patronato de Apoyo a la Investigación y Experimentación Pecuaria en México, A.C. Este trabajo es parte de la tesis del primer autor en la Maestría en Nutrición Animal, Facultad de Estudios Superiores-Cuautitlán, UNAM. Recibido para su publicación el 17 de julio de 1992.

<sup>b</sup> Campo Experimental "La Posta", Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP). Apartado Postal 898, Sucursal A, Veracruz, Ver.

<sup>c</sup> Centro Nacional de Investigación en Fisiología y Mejoramiento Animal, INIFAP. Apartado postal 29-A, Querétaro, Qro. 76020.

sódica ha mostrado disminuir la producción de metano, aumentando la proporción de propionato en el rumen. lo que conduce a una aumento de la eficiencia energética <sup>29</sup>. Este aditivo induce también una mejor digestibilidad de la materia orgánica, de la fibra cruda y de la proteína <sup>16</sup>, que finalmente se refleja en menor consumo de alimento, mayor ganancia de peso y, por ende, mejor eficiencia alimenticia <sup>8,9</sup>.

Holzgraeffe et al. <sup>14,15</sup> trabajando con cerdos, estudiaron el uso de un ionóforo similar a la Monensina (Lasalocida), para ello incubaron *in vitro* líquido cecal, proveniente de cerdas alimentadas con dietas formuladas con base en heno de alfalfa y pasto orchard, o bien, dietas con base en grano de maíz y pasta de soya, encontrando que la adición de Lasalocida incrementó la proporción molar del propionato producido, disminuyendo la de acetato, lo que es un efecto similar al descrito en los animales rumiantes <sup>16,29</sup>. En cerdas gestantes, la Lasalocida no tuvo influencia sobre la Energía Digestible o Metabolizable de las raciones, pero sí disminuyó la relación EM/ED; la digestibilidad de la fibra detergente ácido (FDA) mejoró, pero el ionóforo afectó negativamente la retención de nitrógeno cuando las dietas fueron maíz-pasta de soya.

Otro aditivo usado para mejorar el aprovechamiento de la fibra por los cerdos es el cobre, como  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  <sup>1,6</sup>. El sulfato de cobre, en dosis de 0.5 a 1 kg/ton (125 a 250 ppm de Cu), resulta en un claro efecto de promoción del crecimiento, similar al que se obtiene con los aditivos antibióticos. Aunque no está claro su modo de acción, su capacidad bactericida parece explicar el efecto promotor del crecimiento <sup>24</sup> pero, si se calculan los niveles de dilución que alcanza en el intestino y se contrastan con la concentración necesaria para que el efecto bactericida se manifieste, entonces, parece razonable proponer que el cobre actué más como un modulador de la fermentación.

El objetivo de este trabajo fue el de conocer la respuesta digestiva y productiva de cerdos consumiendo dietas altas en rastrojo de maíz, con la adición o no de Monensi-

na sódica y (o) de sulfato de cobre.

## MATERIALES Y METODOS

Se realizaron dos experimentos en las instalaciones del Campo Experimental "La Posta", Paso de Toro, Ver., en las condiciones de un clima tropical subhúmedo (Awo). Se usaron cerdos de ambos sexos, provenientes de un cruce alterno Landrace x Duroc, mismos que se alojaron y alimentaron convencionalmente antes de ser incluidos en los experimentos.

Las dietas experimentales (Cuadro 1) se formularon al 13% de proteína cruda, conforme a las recomendaciones del NRC <sup>21</sup>. Las raciones se basaron en sorgo y pasta de soya, incluyendo en todas un 15% de rastrojo de maíz finamente molido. La adición de cobre y (o) Monensina sódica se hizo factorialmente, el cobre (como  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) a razón de 0 y 250 ppm y la Monensina, para un concentración de 0 y 20 ppm; en todos los casos, los aditivos se añadieron a expensas del sorgo, resultando, por lo tanto en cuatro dietas: sin los aditivos, con 250 ppm de cobre, con 20 ppm de Monensina sódica y con ambos aditivos, en las mismas dosis.

El rastrojo de maíz se molió en un molino de martillos hasta pasar por una criba de 5 mm; para la preparación de los alimentos, se hizo primero una premezcla con el grano de sorgo molido, la pasta de soya, las vitaminas y minerales y los aditivos. Con el rastrojo en la mezcladora funcionando, se virió la premezcla para encostalar el producto. Esto se tuvo que hacer para prevenir segregación del forraje dadas las diferencias en densidad con el resto de los ingredientes.

En el Experimento 1, se usaron 32 cerdos (20 machos castrados y 12 hembras), con un peso inicial promedio de  $42 \pm 1$  kg. Los animales se desparasitaron con levamisol (20 mg/kg de peso) y se vitaminaron intramuscularmente con emulsión de las vitaminas A, D y E inmediatamente antes del inicio del experimento. Las observaciones se iniciaron cuando los cerdos alcanzaron un peso mínimo de 40 kg, por lo que se

CUADRO 1. COMPOSICION DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES

INGREDIENTE, %	1	2	3	4
Rastrojo de maíz	15.00	15.00	15.00	15.00
Grano de sorgo molitío	64.00	63.90	63.98	63.88
Pasta de soya	18.00	18.00	18.00	18.00
CuSO <sub>4</sub> 5H <sub>2</sub> O	--	0.10	--	0.10
Monensina sódica <sup>a</sup>	--	--	0.02	0.02
Vitaminas y minerales <sup>b</sup>	0.50	0.50	0.50	0.50
Fijos <sup>c</sup>	2.50	2.50	2.50	2.50
COMPOSICION ANALIZADA, %				
Nitrógeno	2.12	2.20	2.18	2.01
Paredes celulares	32.80	34.20	31.70	33.00
Fibra detergente ácido	12.20	13.80	15.40	17.70
Lignina*	4.70	6.00	6.40	9.30
Celulosa*	6.90	12.20	8.00	6.70
Hemicelulosa*	20.60	20.40	16.30	15.30
Contenido celular*	67.20	65.80	68.30	67.00
EB, Mcal/kg	3.72	3.80	3.73	3.80

<sup>a</sup> Premezcla comercial con 10% de monensina sódica.

<sup>b</sup> Provee por kg de alimento: Vit. A, 1, 500 UI; Vit. D, 375 UI; Vit. E, 12.5 UI; Riboflavina, 15 mg; Niacina, 65 mg; Ac. Pantoténico 35 mg; Vit. B12, 40 µg; Colina, 0.75 g; Vit. K, 25 mg; Fe, 200 mg; Cu, 50 mg; Co, 33 mg; I, 5 mg; Mn, 2 mg; Zn, 250 mg y Se, 75 µg.

<sup>c</sup> Incluye (%): Ortofosfato de Calcio (mono y difosfato de Calcio: 20% Ca, 18% P), 1.5; Concha de ostión (38% Ca), 0.50 y sal común, 0.50.

\* Calculadas por diferencia.

fueron agregando al trabajo en bloques homogéneos de cuatro animales; de esta forma, se contó con un total de ocho repeticiones por tratamiento, tres bloques de hembras y cinco de machos.

Los cerdos se alojaron en corraletas individuales de 27 m<sup>2</sup> en un edificio de tipo frente abierto, con comedero de canoa y bebedero de chupón; cada corraleta estuvo además provista de una pileta a nivel del

piso para facilitar que los animales se refrescaran a voluntad. La prueba tuvo una duración de 70 días, previas dos semanas de adaptación progresiva a las dietas y al método de alimentación. El alimento se ofreció diariamente a las 08:00 h por un intervalo de 90 min., al término de los cuales se recogieron y midieron los rechazos, ésto con el fin de facilitar la observación del consumo y evitar al máximo la selección de ingredien-

tes por el cerdo. Durante el período de adaptación y el experimento mismo, los cerdos se pesaron al inicio y después, con fines de supervisión, cada dos semanas.

Los criterios de respuesta analizados fueron: ganancia diaria de peso (kg), consumo diario de alimento (kg), eficiencia alimenticia (ganancia/consumo) y eficiencia energética (ganancia/consumo de EB).

El trabajo se condujo bajo un diseño de bloques al azar, en un arreglo factorial 2 (niveles de cobre) x 2 (niveles de Monensina) con 8 bloques, confundiendo al sexo y la fecha de inicio en el experimento, y 32 unidades experimentales; el peso inicial se incluyó en el modelo como covariable<sup>25</sup>. Así, los datos obtenidos se sometieron a un análisis de covarianza para dirimir los efectos mayores o principales y su interacción; las medias se contrastaron con una prueba de SNK<sup>25</sup>.

Para una prueba de digestibilidad y de balance de nitrógeno, en el Experimento 2, se contó con ocho cerdos (cuatro hembras y cuatro machos castrados) de  $51 \pm 0.3$  kg de peso inicial, divididos por sexo en dos bloques de cuatro animales cada uno. Al alcanzar los 60 kg de peso corporal, se alojaron en jaulas metabólicas para la colección de heces y orina; las jaulas, el manejo y alimentación durante las fases previa y de colección, fueron idénticos a lo descrito con anterioridad<sup>3</sup>. Las dietas ensayadas fueron las mismas (y con el mismo lote de ingredientes) que las usadas en el Experimento 1. (Cuadro 1).

Los criterios de respuesta evaluados en el experimento fueron la digestibilidad (%) aparente de la materia seca (DAMS), de la fibra detergente neutro (DFDN), la fibra detergente ácido (DFDA), hemicelulosa (DHC), celulosa (DC), del contenido celular (DCC) y del nitrógeno; la energía (Mcal/kg) digestible y metabolizable y el balance de nitrógeno; para los análisis de laboratorio, la metodología usada fue similar a la descrita con anterioridad<sup>3</sup>, siguiendo las recomendaciones de Tejada<sup>26</sup>. Los datos fueron analizados bajo un modelo de bloques al azar en un arreglo factorial 2x2: dos nive-

les de cobre (0 y 250 ppm) y dos niveles de Monensina sódica (0 y 20 ppm), los contrastes planeados fueron idénticos a lo descrito en el Experimento 1.

## RESULTADOS

Ya que sólo en uno de los criterios de respuesta (DC) se obtuvo una interacción significativa ( $P < 0.05$ ), por simplicidad, el resumen de los resultados de ambos experimentos se presenta en los cuadros como las medias mínimo cuadráticas de los efectos mayores del cobre y de la Monensina sódica.

El Cuadro 2 presenta los resultados del Experimento 1. No se encontraron diferencias ( $P > 0.25$ ) en el peso inicial. El consumo diario de alimento, por el sistema de alimentación usado, fue en general bajo, pero los cerdos en cuya dieta se incluyeron 20 ppm de Monensina sódica consumieron más ( $P < 0.05$ ), lo que no condujo a una mayor ganancia de peso o a la alteración de la eficiencia alimenticia ( $P > 0.05$ ).

Los efectos de la inclusión de cobre y(o) Monensina sódica en la dieta sobre la DAMS y de sus componentes, se detalla en el Cuadro 3, donde se observa que la DAMS, DFDN, DFDA y DHC fueron mejores ( $P < 0.05$ ) cuando se usó la Monensina sódica. En cambio, la DCC no se alteró ( $P < 0.05$ ) por el uso de los aditivos, mientras que la DC se mejoró por la adición de ambos, siendo la diferencia de mayor magnitud atribuible al efecto del cobre (cobre y Monensina interactuaron,  $P < 0.05$ ).

El Cuadro 4 muestra el efecto de los aditivos sobre el balance de nitrógeno y la utilización de la energía de la dieta. Se encontró que a adición de Monensina, incrementó ( $P < 0.05$ ) la digestibilidad de la energía (ED) de la dieta. Sin embargo, ninguno de los dos aditivos alteró ( $P > 0.05$ ) el resto de los criterios usados para evaluar la utilización de la energía o del nitrógeno.

## DISCUSION

El aumento en el consumo diario de alimen-

CUADRO 2. RESPUESTA EN PRODUCCION DE COBRE O MONENSINA A DIETAS PARA CERDOS FORMULADOS CON RASTROJO DE MAIZ<sup>a</sup>

VARIABLE	COBRE, ppm		MONENSINA, ppm		EEM <sup>b</sup>
	0	250	0	20	
Peso inicial, kg	42.90	41.30	42.80	41.40	1.00
Consumo:					
Mat. seca, kg/día <sup>c</sup>	1.63	1.60	1.54	1.71	0.03
EB, Mcal/día	6.09	6.09	5.78	6.41	0.09
Ganancia diaria, kg	0.45	0.46	0.47	0.44	0.05
Ganancia/Consumo	0.28	0.29	0.29	0.28	0.01
Ganancia/Cons. EB <sup>d</sup>	73.40	76.30	76.00	73.70	1.33

<sup>a</sup> Medias mínimo cuadráticas de los efectos mayores de Cobre y de Monensina.

<sup>b</sup> Error estándar de la media.

<sup>c</sup> Efecto de Monensina ( $P < 0.05$ ).

<sup>d</sup> Ganancia diaria de peso, g/Consumo diario de EB, Mcal.

CUADRO 3. EFECTO DEL COBRE O LA MONENSINA SOBRE LA DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA Y SUS COMPONENTES EN DIETAS CON RASTROJO DE MAIZ<sup>a</sup>

DIGESTIBILIDAD %	COBRE, ppm		MONENSINA, ppm		EEM <sup>b</sup>
	0	250	0	20	
Materia seca <sup>c</sup>	81.90	83.20	81.60	83.50	0.41
Paredes celulares <sup>c</sup>	71.20	72.90	75.10	69.00	1.20
Fibra detergente ác. <sup>c</sup>	64.40	68.40	60.00	72.80	2.10
Hemicelulosa <sup>c</sup>	27.70	33.20	26.00	54.90	1.74
Celulosa <sup>d</sup>	47.70	63.70	49.60	61.80	1.21
Contenido celular <sup>e</sup>	87.30	89.30	88.40	88.20	0.53

<sup>a</sup> Medias mínimo cuadráticas de los efectos mayores de Cobre y de Monensina.

<sup>b</sup> Error estándar de la media.

<sup>c</sup> Efecto de Monensina ( $P < 0.05$ )

<sup>d</sup> Interacción cobre por Monensina ( $P < 0.05$ )

<sup>e</sup> Como: (Materia seca) - (Paredes celulares).

to por efecto de la Monensina sódica, observado en el Experimento 1, es contrario a los efectos descritos para los rumiantes<sup>8,9,28</sup>, en los que el consumo voluntario se deprime por efecto del aditivo; sin embargo, esta peculiar respuesta se pudo haber originado por el método de alimentación: al restringir el tiempo de acceso al alimento, se provocó que la ingestión de energía fuese menor a la esperada<sup>21</sup>, en ésta situación, la regulación del consumo obedeció a la capacidad física<sup>3</sup>, entonces, la concomitante mejora en la DAMS inducida por la acción del ionóforo (observada en el Experimento 2), presumiblemente facilitó la desaparición de la ingesta, propiciándose así el aumento en el consumo voluntario de alimento.

La ausencia de efectos de los aditivos sobre la respuesta productiva quizá estuvo ligada a la insuficiente ingestión de energía, pero en otros trabajos, en los que en condiciones parecidas (cerdos en crecimiento alimentados con forrajes) se usó Lasalocida<sup>14</sup> o sulfato de cobre<sup>7</sup>, se obtuvo una respuesta positiva en la ganancia de peso o en la eficiencia alimenticia, mientras que en cerdos gestantes, otros autores<sup>13, 15</sup> no encontraron diferencias detectables por

cambios en el peso corporal.

Al contrastar la respuesta de cerdos en crecimiento y de cerdas gestantes, son obvias las siguientes diferencias: el sistema de alimentación, restringido en las segundas y a libertad en los primeros, y el potencial de deposición de tejidos (mayor en el crecimiento). En éste trabajo, el sistema de alimentación emuló al común de cerdas gestantes y limitó por ende la ganancia de peso, además de que la metabolización de la energía no se modificó por el uso de los aditivos (Cuadro 4).

El que los cambios en la digestibilidad de la materia seca o de las fracciones de fibra (Cuadro 3) no se haya manifestado en una mejor respuesta productiva, bien pudo obedecer a que la inducción de diferencias en el aporte de energía haya sido de menor cuantía a la deficiencia impuesta<sup>10,11,17</sup>, o a que el sistema de alimentación usado desfasó la absorción de nutrientes a nivel intestinal<sup>4,10,18,21</sup>, lo que pudo ocasionar un mayor gasto metabólico e ineficiencia energética.

En el caso del cobre, no se encontraron efectos ( $P > 0.05$ ) en el comportamiento productivo. Gipp *et al.*<sup>12</sup>, mencionan que la

CUADRO 4. EFECTO DEL COBRE O LA MONENSINA SOBRE EL USO DEL NITROGENO Y LA ENERGIA EN DIETAS PARA CERDOS CON RASTROJO DE MAIZ<sup>a</sup>

VARIABLE	COBRE, ppm		MONENSINA, ppm		EEM <sup>b</sup>
	0	250	0	20	
ED, Mcal/kg <sup>c</sup>	3.10	3.14	3.04	3.20	0.02
EM, Mcal/kg	2.54	2.62	2.56	2.59	0.04
EM/ED	0.83	0.82	0.85	0.80	0.01
N digestible, %	71.70	71.91	69.10	74.40	1.37
N retenido, % <sup>d</sup>	38.90	36.20	36.30	38.80	3.71

<sup>a</sup> Medias mínimo cuadráticas de los efectos mayores de Cobre y de Monensina.

<sup>b</sup> Error estándar de la media.

<sup>c</sup> Efecto de Monensina ( $P < 0.05$ ).

<sup>d</sup> Como:  $(N \text{ retenido}/N \text{ consumido}) * 100$ .

adición de 250 ppm de cobre a dietas de maíz-soya, produjo una disminución de la ganancia diaria de peso durante la fase de crecimiento, mientras que en un estudio cooperativo de diez universidades estadounidenses<sup>20</sup>, los resultados en la ganancia diaria de peso fueron muy diversos: la adición del sulfato de cobre promovió el crecimiento en cinco estaciones experimentales, en dos, deprimió el crecimiento y en otras no se observó ningún efecto; aunque concluyeron en confirmar el potencial de promoción del crecimiento por éste aditivo y subrayaron la importancia de la interacción entre la localidad y la adición del cobre, en lo que van confundidos el potencial productivo, la dieta usada, el microbismo prevalente, los antecedentes terapéuticos de los animales y otros; en tal medida que, por ejemplo, la respuesta al cobre se puede alterar significativamente cuando su uso se combina con otros antimicrobianos<sup>1,2,6</sup>.

Cuarón y Mayen<sup>7</sup> al realizar una serie de experimentos con diferentes fuentes de fibra con y sin la adición de cobre, encontraron poca consistencia en el efecto de éste aditivo, atribuyéndoselo a la capacidad de consumo de los cerdos, al tipo y cantidad de fibra provisto por los forrajes y a la relativa menor respuesta de los cerdos en finalización a los aditivos antimicrobianos. En general se acepta que la respuesta a la adición de cobre, como con otros antimicrobianos, disminuye conforme avanza el tiempo<sup>1,6,27</sup>, tanto por la exposición prolongada al aditivo, como por la edad del cerdo. Por la duración de la prueba de comportamiento (70 días) y la edad final de los cerdos en éste trabajo, parece haber ocurrido una situación similar.

Sin embargo, hay que considerar la posible interacción entre la provisión de cobre y las diferentes fuentes de fibra, ya que las modificaciones de la microbiota, tanto por el aditivo, como por los sustratos influirán en la digestión por la alteración del potencial fermentativo<sup>4</sup>. Por ejemplo, en dietas ricas en melaza el efecto promotor del crecimiento del cobre no es tan claro<sup>5</sup>, quizá debido a que un aumento en la velocidad de paso de

la ingesta impide la fermentación.

La respuesta a los antibióticos, cuando el cerdo consume altos niveles de paredes celulares, es variable; mientras que con el cobre<sup>7</sup>, los ionóforos<sup>13,14</sup>, la Virginiamicina<sup>21</sup> y la Aureomicina<sup>23</sup> se han observado mejoras en la producción y en la digestión de la fibra, con la Bacitracina y la Neomicina se han encontrado efectos adversos<sup>10,11</sup>, por lo que la respuesta quizá está ligada al espectro antimicrobiano de la droga.

Uno de los beneficios supuestos del uso de los antimicrobianos es la reducción en la producción de amonio en el lumen intestinal<sup>27</sup>, lo que explica la inducción de un mejor balance de nitrógeno; este efecto puede ser aditivo cuando la dieta incluya además fibra fermentable, ya que la consecuente mayor actividad de los grupos prevalentes de la población bacteriana pueden captar el amonio que se origine, dando lugar a la síntesis de amino ácidos<sup>4</sup>.

Con los ionóforos<sup>9,16,28</sup> se ha observado un mejor patrón de uso del nitrógeno a nivel ruminal, fundamentalmente inducido por el cambio en los patrones de fermentación, por lo que se presumió que en cerdos alimentados con dietas ricas en fibra, en respuesta a los aditivos, se podría mejorar la retención del nitrógeno, lo que no se observó (Cuadro 4), quizá porque la concentración de amonio en la luz del intestino fue insuficiente como para elicitarse una respuesta, todo partiendo del supuesto de que el consumo de proteína, como el de energía, fue insuficiente. Ahora bien, también es cierto que influye el tipo de fibra, ya que con algunos tipos o fracciones de la fibra fermentable, más que disminuir la amoniogénesis, se incrementa al favorecer las actividades proteolítica y ureolítica bacterianas<sup>19</sup>.

Con la evidencia disponible, las respuestas por efecto del cobre y de la Monensina sódica no fueron aditivas, sinérgicas o antagónicas, lo que hace suponer que estos dos aditivos trabajan en forma selectiva y con diferente espectro<sup>6</sup>. Los resultados aquí presentados sugieren un interesante potencial de manipulación de la digestión fermentativa por los aditivos usados, pero la

evidencia no es concluyente. Al usar dietas con un alto contenido de paredes celulares, el efecto de la Monensina sódica, sobre la digestibilidad de la materia seca resulta promisorio para aumentar el consumo de dietas altas en fibra en sistemas de alimentación a libertad, lo que puede generar mayores ganancias de peso.

Dado el sistema de restricción alimenticio usado, el cobre o la Monensina sódica no mostraron ningún beneficio en los criterios de producción evaluados. Sin embargo, la respuesta en digestibilidad de la materia seca y de las fracciones de fibra sugiere la posibilidad de que el beneficio de los aditivos pueda manifestarse con mejoras en la producción, lo que tendrá que evaluarse teniendo muy en cuenta el tipo y cantidad de fibra.

#### SUMMARY

Two experiments were conducted to evaluate the response to copper sulphate and (or) Na-Monensin as feed additives in a cornstover (15%), sorghum-soy diet (2.1% N). Using thirty two pigs,  $42 \pm 1$  kg initially and individually housed, a growth trial was designed to test the factorial addition of  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (0 and 250 ppm Cu) and Na-Monensin (0 and 20 ppm). In a second experiment, identical diets were used to measure dry matter, energy, nitrogen and fiber fractions digestibility in 60 kg pigs. In both experiments, animals were restricted fed (90 min/d) to prevent corn stover segregation. Copper did not improve performance, but Monensin increased the average of daily feed intake by 11% ( $P < 0.05$ ), probably as a result of greater ( $P < 0.05$ ) dry matter digestibility. Differences in feed intake did not result in better gain or feed efficiency, possibly as a result of the restricted feeding regimen. Besides dry matter, Monensin improved energy, cellular walls, ADF, hemicelulose, and cellular contents digestibility, while copper only did so on cellulose ( $P < 0.05$ ). It was concluded that under the experimental conditions copper or Monensin could influence fermentative digestion, but that the effects would not affect animal performance.

#### LITERATURA CITADA

1. AHERNE, F.X. 1986. Aditivos para la promoción del crecimiento en cerdos. Memorias II Simposium Internacional Avances en la Nutrición del Cerdo. AMENA-AMVEC. México, D.F. P. 117.

2. CERVANTES, M. y CUCA, M. 1987. Efecto del  $\text{CuSO}_4$  y el Olaquinox sobre el comportamiento

productivo de cerdos. Algunos metabolitos y microorganismos en contenido intestinal. Memorias del III Congreso, Asoc. Méx. de Esp. en Nutr. Anim., Cocoyoc, Mor. P. 190.

3. CISNEROS G.F. y CUARON I. J.A. 1993. Valor nutritivo del rastrojo de maíz en la alimentación del cerdo *Téc. Pec. Méx.* 31(1): en prensa.

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

5. CUARON I, J.A. 1986. Influencia de niveles altos de melaza sobre el efecto promotor del crecimiento por el cobre. Memoria de la Reunión de Inv. Pec. en Méx., México, D.F. P. 129.

6. CUARON I, J.A. 1990. Agentes antimicrobianos y drogas afines. En, Anabólicos y Aditivos en la Producción Pecuaria, Avila, E., Shimada, A. y Llamas, G., editores. *Sistema de Educación Continua en Producción Animal en México, A.C.*, México, D.F. P. 165.

7. CUARON I, J.A. y MAYEN M, D. 1989. El cobre como aditivo en dietas para cerdos altas en fibra o melaza. *Téc. Pec. Méx.* 27:117.

8. DAUGHERTY, M.A. GALYEAN, M.L. HALLFORD, D.H. and HAGEMAN, J.H. 1986. Vitamin B12 and monensine effect on liver and serum B12 concentrations and activity of propionate metabolizing hepatic enzymes in feedlot lambs. *J. Anim. Sci.* 62:452.

9. DeBURRIN, R.A. and BRITTON, R.A. 1988. Monensin level during grain adaptation and finishing performance in cattle. *J. Anim. Sci.* 66:513.

10. EGGUM, B.O. THERBECK, G. BEAMES, R.M. CHWALBOG, A. and HEMCKET, S. 1982. Influence of diet and microbial activity in the digestive tract on digestibility and nitrogen and energy metabolism in rats and pigs. *Br. J. Nutr.* 48:161.

11. GARGALLO, J. and ZIMMERMAN, D.R. 1980. Effect of dietary cellulose and neomycin on function of the cecum in pigs. *J. Anim. Sci.* 53:395.

12. GIPP, W.T. POND, W.G. and WALKER, E.F. Jr. 1973. Influence of diet composition and mode of copper administration on the response of growing-finishing swine to supplemental copper. *J. Anim. Sci.* 36:91.

13. HAYDON, K.D. and HALE, O.M. 1988. Effect of lasalocid on reproductive performance and subsequent lactation in the sow. *J. Anim. Sci.* 66:1877.

14. HOLZGRAEFE, D.P. TRACY, J.D. and JENSEN, A.H. 1982. Effect of dietary level of alfalfa hay and lasalocid on performance of growing-finishing swine. Univ. of Illinois Swine Research Reports 1982-5.
15. HOLZGRAEFE, D.P. FAHEY, G.C. Jr. JENSEN, A.H. and BERGER, L.L. 1982. Effect of dietary alfalfa: orchardgrass hay and lasalocid on nutrient utilization by gravid sows. *J. Anim. Sci.* 60:1247.
16. HORTON, G.M.J. 1980. A note on the effect of monensin and ampicloral in steer diets. *Anim. Prod.* 30:441.
17. IMOTO, S. and NAMIOKA, S. 1978. VFA production in the pig large intestine. *J. Anim. Sci.* 47:467.
18. KASS, M.L. VAN SOEST, P.J. and POND W.G. 1980. Utilization of dietary fiber from alfalfa by growing swine. II Volatile fatty acid concentrations and disappearance from the gastrointestinal tract. *J. Anim. Sci.* 50:192.
19. LUPTON, J.R. and MARCHANT, L.J. 1989. Independent effects of fiber and protein on colonic luminal ammonia concentration. *J. Nutr.* 119:235.
20. NRC, Committee (24) on Swine Nutrition. 1974. Cooperative regional studies with growing pigs: effects of vitamin E and levels of supplementary copper during the growing finishing period on gain. *J. Anim. Sci.* 38:512.
21. NRC, 1979. Nutrient Requirements of Domestic Animals. No 2 Nutrient Requirements of Pigs. 8th revised edition. National Academy of Sciences, Washington, D.C., USA.
22. RAVINDRAN, V. KORNEGAY, E.T. and WEEB, K.E. Effects of fiber and virginiamycin on nutrients absorption, nutrient retention and rate of passage in growing swine. *J. Anim. Sci.* 59:400.
23. SHERRY, P.A. HARRINSON, P.C. and FAHEY, G.C. 1981. Dietary fiber and antibiotics interactions on nutritional and metabolic parameters in the growing pig. *J. Anim. Sci.* 53:1309.
24. SHIMADA M, A.S. y CERVANTES L, J. 1992. El cobre y sus compuestos en la alimentación animal. *Porcivama.* 24(189):55.
25. SNEDECOR, G.W. y COCHRAN, W.S. 1967. Métodos estadísticos. 1a. Ed., CECSA. México, D.F.
26. TEJADA DE HERNANDEZ, I. 1985. Manual de laboratorio para análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal. *Patronato de Apoyo a la Investigación y Experimentación Pecuaria en México.* México, D.F.
27. VISEK, W.J. 1978. The mode of growth promotion by antibiotics. *J. Anim. Sci.* 46:1447.
28. WALLACE, R.J. 1981. Effect of monensin on the fermentation and basal rations in the rumen simulation technique (RUSITEC). *Br. J. Nutr.* 46:131.
29. ZORRILLA R, J.M. 1990. Ionóforos y manipuladores de la fermentación ruminal, en Anabólicos y Aditivos en la Producción Pecuaria, Avila, E., Shimada, A. y Llamas, G., editores. *Sistema de Educación Continua en Producción Animal en México, A.C.*, México, D.F. P. 109.