



11662  
2 of 1A

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN**

**USO DE LA MONENSINA Y EL SULFATO DE COBRE  
COMO MEJORADORES DEL VALOR NUTRICIONAL  
DEL RASTROJO DE MAIZ EN DIETAS PARA CERDOS  
EN CRECIMIENTO - FINALIZACION**

**TESIS**

Que para obtener el grado de  
Maestro en Ciencias en el Area de  
Nutrición Animal

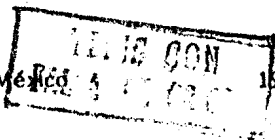
**PRESENTA**

Fernando Cisneros González

**ASESOR**

Dr. José A. Cuarón Ibarquengoitia

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México



1989



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## CONTENIDO

INTRODUCCION -----	1
ANTECEDENTES -----	2
Definición y componentes de la fibra -----	2
Aprovechamiento de la fibra por el cerdo -----	4
Fibra y su interacción con otros nutrimentos -----	8
Efecto de la inclusión de fuentes fibrosas sobre el comportamiento productivo de los cerdos de engorda -----	14
Respuesta productiva de cerdos en engorda sometidos a diferentes medios ambientales consumiendo dietas con altos niveles de fibra -----	16
Uso de fibra para cerdas reproductoras -----	17
Utilización de la fibra por diferentes grupos genéticos -----	18
Efecto de diferentes aditivos para dietas con alto con tenido de fibra en el comportamiento productivo del cerdo ---	18
Evaluación metabólica y digestiva de ingredientes fibro sos para el cerdo -----	23
OBJETIVO -----	26
MATERIAL Y METODOS -----	27
Experimento 1 -----	27
Experimento 2 -----	35
Experimento 3 -----	39
RESULTADOS Y DISCUSION -----	42
Experimento 1 -----	42
Experimento 2 -----	57
Experimento 3 -----	63
CONCLUSIONES GENERALES -----	68
LITERATURA CITADA -----	69
APENDICES -----	84

## INTRODUCCION

A nivel mundial México es uno de los países en el mundo con mayor número de cabezas de ganado porcino (FAO, 1983). La producción de carne de cerdo en el país ocupó el primer lugar en volúmenes de carne de 1975 a la fecha (SARH, 1985) y aunque su crecimiento ha sido irregular se ha mantenido como la especie más productora de carne en México. Sin embargo, y a pesar de su importancia es una actividad muy vulnerable dada su alta dependencia de la productividad agrícola del país. El alimento balanceado que consumen los suinos contiene un 94% de granos y productos agrícolas (CANACINTRA, 1982) de los cuales el sorgo es el más importante. Este cultivo a pesar de aumentar su producción en forma consistente a nivel nacional, ya que pasó de 116 mil hectáreas en 1960 a 1,162 mil para 1979 (Pérez, 1983) no ha podido cubrir la demanda de este grano por la industria pecuaria, de tal manera que el 25% es de importación (González, 1986).

Por otro lado, existen esquilmos agrícolas cuya utilización en los suinos no ha sido bien estudiada y que actualmente son desperdiciados.

En el estado de Veracruz se producen anualmente 308,845 tons de rastrojo de maíz (SARH, 1986) las cuales no son aprovechadas en forma óptima ya que la práctica común es que lo consuman los rumiantes en el mismo terreno, una vez que se ha terminado la cosecha, por lo que podría ser un buen recurso a considerar en sistemas de explotación porcina de baja inversión que representan el 40% de la porcicultura del Estado de Veracruz.

## ANTECEDENTES

### Definición y componentes de la fibra

El concepto de fibra cruda (FC) fue desarrollado en la pasada centuria para conceptualizar aquellos compuestos resultantes de la digestión ácida y alcalina de los alimentos, de tal manera que el residuo queda libre de componentes solubles como grasa, proteína, azúcares y almidón, quedando en la fracción menos soluble compuestos tales como celulosa, hemicelulosa y lignina, - que al restarles la pérdida por incineración (cenizas) representa a la fibra cruda (Maynard, et al., 1979). Sin embargo, el valor del concepto de fibra cruda es cuestionable ya que subestima el valor de hemicelulosa, celulosa y lignina, ya que parte de estos compuestos se destruyen durante las digestiones ácida y alcalina- (Fejada, 1983).

La digestibilidad de la fibra está en función de la relación que guarden celulosa, hemicelulosa y lignina en un ingrediente determinado, así como de la especie que se alimenta; en el caso de los cerdos, Stanogias y Pearce (1985a) demostraron que la relación hemicelulosa/lignocelulosa de la cascarilla de soya o bien del salvado de trigo afecta en forma importante la digestibilidad aparente, por lo que la fibra cruda, al no diferenciar entre las fracciones del residuo, resulta un pobre estimador del valor nutricional de los alimentos.

Como una alternativa Van Soest (1973) desarrolló un método de identificación de los diferentes componentes de la fibra, que comúnmente se conoce como fracciones de fibra o análisis de - Van Soest; y que consiste en el tratamiento seriado de una muestra para ir obteniendo el contenido de paredes celulares, hemicelulosa, lignina y sílice. De tal manera que en la actualidad, el concepto de fibra para animales no rumiantes se refiere a los polímeros de origen vegetal que resisten la degradación enzimática- (Van Soest, 1985). Estos polímeros se encuentran formando parte de las paredes celulares vegetales que se distinguen por su conte

nido de lignina, hemicelulosa, celulosa y pectinas.

La lignina es el compuesto menos digestible de la planta, es un polímero amorfo de derivados del fenilpropano, con un elevado peso molecular y que resulta en una estructura compleja formada por ligaduras de carbono a carbono resistentes al ácido y al álcali, por lo que sus ligaduras químicas con la celulosa y la hemicelulosa reducen en forma notable la digestibilidad de ambos compuestos.

La hemicelulosa es una mezcla compleja y heterogénea de un gran número de diferentes polímeros y monosacáridos, incluyendo glucosa, xilosa, manosa, arabinosa y galactosa. La molécula hemicelulósica predominante es el xiloglucano que está formado de una cadena de unidades de D-glucosa con enlaces  $\beta$  1-4 con ramificaciones terminales de unidades de xilosa con enlaces  $\alpha$  1-6; lo que la hace poco resistente a la degradación química con ácidos o álcalis. En cambio, la celulosa es un homopolisacárido lineal compuesto de unidades de D-glucopiranosas ligados entre sí por enlaces  $\beta$  1-4 (Conn y Stump, 1976), lo que la hace muy resistente a la degradación ácida o alcalina.

Por último, la pectina que se encuentra básicamente en la lamina media, aunque también se infiltra en la pared celular. Su estructura básica es un polímero de unidades de ácido D-galacturónico, unidos por enlaces de tipo  $\alpha$  1, 4 espaciadas con unidades de rramnosa en enlaces 1, 2. En los mamíferos, no existen enzimas capaces de desdoblarla y su digestibilidad descansa por completo en la acción bacteriana (Maynard et al., 1979).

Al considerar la variedad de compuestos que forman la fibra cruda y su susceptibilidad a la degradación enzimática y/o fermentativa se puede pensar en las diferentes respuestas de los animales cuando se están alimentando con uno u otro ingrediente fibroso y en la importancia de su composición y de la actividad bacteriana para su utilización, por lo que cada especie va a digerir en forma diferente estos compuestos.

### Aprovechamiento de la fibra por el cerdo

A nivel de intestino delgado se ha determinado hasta un 19% de desaparición de celulosa y producción de ácidos grasos volátiles (AGV) a partir de ella por la actividad bacteriana (Millard y Chesson, 1984). Es en el intestino grueso en donde se lleva a cabo la mayor parte de la digestión de la fibra.

El ciego a pesar de su conocida capacidad fermentativa no representa un aporte importante para la utilización de la celulosa por el animal (Gargallo y Zimmerman, 1981), ya que cerdos ceotomizados usaron la  $\alpha$ -celulosa cristalina (solkafloc) tan bien como los animales intactos, dado a que, por volúmen, el ciego representa solo una pequeña proporción del total de la cámara de fermentación dada por el tubo gastrointestinal.

Si se presume que el cerdo no tiene celulasas u otras enzimas que le permitan digerir las fracciones de fibra en su totalidad, se puede concluir entonces que el mayor peso en la degradación de las porciones indigestibles de la fibra, recae en la flora microbiana del tubo digestivo.

Contrastando lo anterior, Gargallo y Zimmerman en 1980, usando cerdos en crecimiento a los que alimentaron con diferentes niveles de  $\alpha$ -celulosa sintética (solkafloc), añadiendo neomicina para observar el efecto de un antibiótico sobre el potencial de fermentación (a nivel cecal) en dietas con niveles altos de fibra; sus resultados sugieren que la adición del antimicrobiano redujo la concentración de AGV en el ciego, incrementó el amonio y anuló por completo la digestión de la celulosa, lo que evidenció la relevancia de la digestión fermentativa.

En contraste otro trabajo (Eggum et al., 1982), usando nebacitina como antibiótico, encontraron una fuerte reducción de la relación Energía Bruta/Energía metabolizable en dietas con alto contenido de fibra aunque la relación E retenida/E metabolizable no fue afectada; los mismos autores también mencionaron -

una adaptación gradual de los cerdos a altos consumos de fibra, de tal forma que la retención de nitrógeno mejoró con la edad. Congruentemente Ravindran et al (1984) demostraron que la virginiamicina disminuyó la excreción fecal de materia seca (MS) cuando la primera se añadió a dietas con altos niveles de fibra, aumentando la digestibilidad de las paredes celulares y el rendimiento de energía metabolizable, a través de una disminución de la tasa de paso, pero sobre todo al haber modificado las poblaciones de microorganismos en el intestino grueso, lo que favoreció la degradación de las paredes celulares. Esto implica el poder manipular o dirigir la digestión de la fibra a través de modificaciones en la microflora. Varel et al (1984, 1985), usando alfalfa como fuente de fibra encontraron un incremento substancial en la actividad celulolítica en el ciego con las raciones altas en fibra en cerdos, pero solo después de 18 días de haber estado consumiendo las dietas lo que demuestra la adaptación gradual de la microflora. Este mismo grupo de trabajo encontró que al día 98 de consumir una dieta con 96% de alfalfa las bacterias celulolíticas presentes en las heces fueron  $63.7 \times 10^8$  /g de M.S. contra  $33.3 \times 10^8$  en dietas con base en soya-maíz; (Varel y Pond, 1985), además de determinar que existe una baja correlación entre el número de bacterias celulolíticas y la actividad celulolítica total. Sin embargo, no encontraron diferencias en la concentración de AGV totales aunque la dieta de alfalfa produjo un aumento del acetato con disminución de propionato.

De lo anterior resulta que el tipo de dieta provoca modificaciones de la microflora intestinal. Ahora bien, parece ser que la actividad microbiana es similar en todo el intestino grueso de acuerdo a lo observado por Ehle et al (1982). Por lo que la actividad fermentativa del tubo digestivo puede estar determinada por otros factores además de la composición de la dieta y la fibra cruda, tales como peso corporal, nivel de alimentación o variaciones individuales (Cranwell, 1968).

Se ha reconocido por mucho tiempo que el peso y volúmen



del colon se ve incrementado con el uso de altos niveles de fibra en la dieta (Pond et al., 1981; Stanogias y Pearce, 1985c); Kass et al (1980a) encontraron que el peso del tubo gastrointestinal, como porcentaje del peso vivo, se incrementaba a medida que se incluían mayores niveles de alfalfa en la dieta, todo como una respuesta de adaptación a fin de contener un mayor volumen y permitir un mejor aprovechamiento de la fibra dietaria.

La tasa de paso de la digesta a través de las diferentes regiones del tubo digestivo se acelera con la adición de fibra a la dieta, aunque presenta gran variabilidad entre diferentes fuentes de paredes celulares, i.e. fibra detergente neutro - (FDN) (Stanogias y Pearce, 1985a). Ehle et al (1982), encontraron que la celulosa pura tiene un tiempo de retención en el tubo digestivo del doble de lo que presenta la alfalfa (71 vs. 36 h) y que la presentación física de la fuente de fibra también es importante ya que el salvado molido finamente se retuvo menos tiempo que el molido grueso.

El efecto de la fibra para acelerar la velocidad de paso del alimento fue definido por Fioramonti y Buono (1980) realizando electromiogramas del intestino grueso de cerdos recibiendo dietas con altos y bajos niveles de fibra; los autores encontraron que el salvado de trigo como fuente de fibra incrementaba el número de movimientos largos de propulsión en el colon como respuesta al mayor volumen de la digesta. Sin embargo, algunos autores (Pond et al., 1986) no han encontrado relación entre la velocidad de paso y la digestibilidad, lo que está en desacuerdo con los hallazgos de Ravindran et al (1984). La disminución del tiempo de retención en el tubo digestivo traería como consecuencia una disminución de la posibilidad de ataque enzimático.

Los productos finales de la digestión microbiana en el intestino grueso y ciego son principalmente AGV y dado que las bacterias celulolíticas son abundantes en estos sitios hacen que la concentración de AGV sea mayor aquí (Millard y Chesson, 1984).

Los AGV pueden ser producidos a partir de todos los componentes de la fibra dietética además del almidón no digerido-enzimáticamente en intestino delgado, los lípidos y las proteínas que llegan al colon para ser sustratos de la fermentación bacteriana. Congruentemente, la adición de neomicina disminuyó la concentración de butirato, propionato, acetato y valerato en el ciego de cerdos independientemente del nivel de celulosa dietética (Gargallo y Zimmerman, 1980).

Los resultados de Ehle *et al* (1982), indican que el incremento en la digestibilidad de la dieta y la disminución de la tasa de pasaje produce un aumento en la concentración de AGV en el ciego y colon, pero Kass *et al* (1980) encontraron que a medida que se incrementaba el nivel de alfalfa en la dieta, la concentración de AGV en colon era mayor, no así en ciego. Chel *et al* (1987) tampoco encontraron influencia de la presencia de alfalfa sobre la concentración de AGV en ciego.

En un trabajo realizado por Stangias y Pearce (1985b) se demostró que había una fuerte interacción entre la concentración de paredes celulares dietéticas y la fuente de fibra sobre la concentración de AGV en el intestino grueso por lo que parece ser que el tipo de fibra determina la cantidad de AGV producidos. Lo que es claro, es que la adición de fibra a la dieta produce un aumento en la relación de los ácidos acético/propiónico (Chel *et al.*, 1984; Kass *et al.*, 1980b; Kennelly *et al.*, 1981) lo que reduce la eficiencia energética de los productos de la fermentación para el animal.

Las tasas de producción de AGV han sido medidas por diferentes métodos para calcular el grado en que estas contribuyen a las necesidades energéticas del cerdo. Kass *et al* (1980b) por el uso de ecuaciones de regresión para cada ácido después de mediciones en ciego y colon de las 2 a las 12 h después de comer y basados en valores de energía bruta de 3.4, 4.95 y 5.95 Kcal/g de los ácidos acético, propiónico y butírico respectivamente; encon-

traron que con dietas conteniendo 60% de alfalfa los AGV proporcionaban 245 Kcal/día para cerdos de 80 kg contra 47 Kcal/día en cerdos consumiendo dietas sin alfalfa, por lo que en el nivel más alto de alfalfa proporcionaba el 13% de las necesidades de energía para mantenimiento de estos animales, mientras que Kennelly et al (1981) midieron la producción de AGV en ciego por infusión continua de isotopos y encontraron que en el caso de dietas cebada-soya los AGV proveen el 19.7% de las necesidades de mantenimiento. En trabajos in vitro (Imoto y Namioka, 1978) se determinó que los AGV cubren entre el 9.6 y 11.6% de los requerimientos de energía metabolizable para mantenimiento del cerdo para animales con un bajo y alto consumo de glucosa respectivamente. En cambio Rérat et al (1987) encontraron que los AGV aportaban hasta el 30% de los requerimientos de energía para mantenimiento de un cerdo de 60 kg, pero también se hace énfasis en que las mediciones de producción y absorción se dificultan por las fuertes variaciones posprandiales.

En cualquiera de los métodos utilizados se advierte la importancia nutricional de los AGV, lo que se subraya por el hecho de que el acetato se aprovecha bien por el cerdo al haberse estimado la eficiencia de su uso para crecimiento de un 56 a un 59% (Imoto y Namioka 1983b), siendo la principal fuente de energía en el posprandium para ser reemplazado por la glucosa 12 horas después de la ingesta.

#### Fibra y su interacción con otros nutrimentos

A pesar de que la fibra puede ser aprovechada por el cerdo, su uso puede acarrear una disminución de la absorción de otros nutrimentos; en un trabajo realizado por Keys y DeBarthe (1974) se encontró que en forrajes con proporción hemicelulosa/celulosa de 1:12 (pasto Bermuda) el 47% de la materia seca se digería antes de intestino grueso contra un 39% en el caso de la alfalfa con una relación hemicelulosa/celulosa del 0.37.

Mitaru et al (1984) con dietas complementadas con  $\alpha$ -celulosa (celufil), cascarrilla de soya y cascarrilla de nabo en 2 -

variedades, encontró que la adición de celulosa al 10% disminuyó la digestibilidad a nivel de la porción distal del ileon de la materia seca, proteína cruda, arginina, isoleucina y lisina comparándola con los resultados obtenidos con la cascarrilla de nabo, - lo que pone en evidencia la influencia de la fibra sobre la digestión en intestino delgado, y afirma que la disminución de la digestibilidad de la proteína por lignina puede ser debida a los enlaces hidrofóbicos con aminoácidos además de que la pectina impide la hidrólisis completa de la proteína.

En general la digestibilidad de la materia seca disminuye y conforma se adiciona fibra a la dieta (Pond *et al.*, 1986; Stanley y Ewan, 1982; Ravindran *et al.*, 1984); en principio por su baja digestibilidad *per se*; pero se ha encontrado que también afecta en forma importante el aprovechamiento de los demás nutrientes.

Keys, Jr. *et al.* (1970) encontraron que al añadir pasto Orchard a razón de 20 al 60% de la ración, la digestibilidad de la proteína cruda disminuía del 75 al 50% en forma proporcional a la disminución en la digestibilidad de la materia seca. Similares resultados obtuvieron Iqum *et al.* (1982). Sin embargo, Ravindran *et al.* (1984), a pesar de observar una baja en la digestibilidad de la MS no la encontraron en la de la proteína. Fass *et al.* (1980a), al añadir alfalfa del 0 al 60% de la ración encontraron una disminución de 49 unidades porcentuales en la digestibilidad de la MS, mientras que en la proteína la digestibilidad fue del 70 al 41%.

Un trabajo llevado a cabo por Partridge *et al.* (1982) en el que usaron dietas cebada-soya, restringieron el consumo de los animales al 85% y añadieron celulosa purificada, observaron que se le co puesto disminuyó en forma significativa la digestibilidad del Nitrógeno. Kennelly y Aherne (1980b) comparando una dieta basal con otra que contenía 2% de cascarrilla de avena con diferentes criterios de formulación no encontraron influencia del nivel-

de fibra sobre la digestibilidad del nitrógeno, por lo que son importantes los demás componentes de la dieta o incluso la distribución de la lignina dentro de la célula vegetal.

Por lo anterior, la mayoría de los autores concuerdan en que la inclusión de fibra disminuye la digestibilidad del nitrógeno. Este fenómeno se explica por los siguientes efectos:

1. Aumento en la velocidad de paso de la ingesta (Pond et al., 1986)
2. Disminución del volumen de la ingesta y menor superficie de contacto enzimático (Frank, 1982).
3. Formación de gel por la pectina (Iow, 1985)
4. Disminución de la absorción intestinal de urea por aumento en la síntesis de proteína microbiana.
5. Menor digestibilidad por se de la proteína por estar asociada a lignina (Mitaru et al., 1984).
6. Mayor contenido de enzimas digestivas en las heces de cerdos consumiendo niveles altos de fibra : efecto de arrastre (Iow, 1985).

Eggum et al (1982) trabajando con dietas con bajo contenido de fibra encontraron que el nitrógeno retenido fue solo el 46% del digerido, mientras que en raciones fibrosas los cerdos retuvieron el 55% del nitrógeno digerido, de tal manera que su retención fué igual para ambas dietas aunque la digestibilidad del N haya sido diferente, esto es que la excreción urinaria del elemento se reduce, resultados confirmados por Partridge et al (1982). En el trabajo de Stanogias y Pearce (1985a) se menciona que el uso de algunas fuentes de fibra incrementaron la retención de nitrógeno, encontrándose una fuerte interacción entre la

fuerza de fibra y el contenido de paredes celulares en la dieta, por lo que finalmente los resultados dependen de estos dos factores.

Mitaru *et al* (1984) al revisar la digestibilidad de los aminoácidos al añadir  $\alpha$ -celulosa sintética (celufil) encontraron que la digestibilidad de todos los esenciales a excepción de isoleucina y metionina disminuía. Por su parte Kennelly y Aherne (1980b) añadieron a una dieta basal cascarilla de avena en tres sistemas de formulación: isonitrogenados, dilución simple e isonitrogenados e isoenergéticos y encontraron que la adición de fibra no produjo un efecto detrimental sobre la digestibilidad aparente de los aminoácidos (DAAA), concluyeron que son más importantes las diferencias cualitativas y cuantitativas en los niveles de nitrógeno y energía que la presencia de fibra en la dieta en la DAAA.

Es importante hacer notar que la síntesis de proteínas microbianas en el colon del cerdo y la presencia de enzimas digestivas en heces dificulta la medición de la digestibilidad verdadera de los aminoácidos (AA) dietarios (Libert, Gebhardt, 1986); tratando de resolver este problema Bequer *et al* (1984) marcaron aminoácidos con  $^{15}\text{H}$  y los recuperaron en las heces encontrando una correlación alta y positiva entre el nivel de fibra en la dieta y la excreción de aminoácidos marcados en las heces, para el caso de leucina, lisina, arginina, treonina, fenilalanina, isoleucina, valina e histidina.

En cuanto a la energía hay coincidencia entre los diferentes autores en el sentido de que la adición de fibra a la dieta disminuye su digestibilidad, Muller y Kirchbessner (1931) calcularon que la energía digestible de la celulosa era de solo 30% y de esta 10% se perdió en forma de metano. Con estas bases cualquier inclusión de fibra reduce en una menor digestibilidad de la energía; este efecto se ha encontrado con paja de trigo (Pollman *et al.*, 1979), con alfalfa (Stanley y Iwan, 1932), olote

de maíz (Pond et al., 1986), cáscara de cacahuete (Lindermann et al., 1986) y cascarrilla de nabo y soya (Mitaru et al., 1984)

Los últimos autores encontraron correlaciones entre el nivel de las fracciones de fibra y la digestibilidad de la energía de: -0.63, -0.69, -0.71, -0.7 y -0.57 para fibra cruda, FDN, FDA, hemicelulosa y celulosa, respectivamente.

La energía metabolizable en general está en función de la digestibilidad de la misma, en el trabajo de Pollman et al. (1979) las relaciones ED/EM no variaron entre la paja de trigo y la alfalfa (90%). Sin embargo, fueron menores que en las dietas convencionales. Stanogias y Pearce (1985a) encontraron que la magnitud de la disminución en la ED y EM con el nivel de consumo de FDN estuvo relacionado con la fuente de FDN en la dieta más que con su nivel de inclusión. En otro trabajo (Iqbal et al., 1987) encontraron que la relación energía retenida/EM disminuía ante la inclusión de altos niveles de fibra en la dieta y también cambiaba la forma en que se depositaba esta energía. En dietas bajas en fibra la relación Energía retenida como grasa/energía retenida como proteína (ERG/ERP) fue de 4.11 contra 3.3 en el caso de altos niveles de FC. Si se considera que el costo de deposición de energía en forma de grasa es más alto que para depositar proteína (Ivess et al., 1984), el ERG/ERP es un pobre indicador de la absorción relativa de las diferentes formas de energía no proteica como glúcidos y ácidos grasos volátiles (AGV).

La inclusión de 20% de alfalfa a una dieta maíz-soya resultó en una menor concentración de la glucosa sanguínea (98.7 vs 89.6 mg/100 ml) sin afectar el nivel de triglicéridos séricos (Pond et al., 1981), esto mismo se observó en el trabajo de Collins et al. (1977), por lo que las principales rutas metabólicas energéticas cambian haciéndose más importantes la gluconeogénesis y la β-oxidación de ácidos grasos, lo que explica parte de las diferentes formas de deposición de la energía. Iqbal y Ramdani (1984) demostraron que la adición de acetato en la forma de triacetin (triacetato de glicerina) disminuye la concentración

plasmática de glucosa e incrementa linealmente las concentraciones plasmáticas de lactato y cuerpos cetónicos, el glucógeno hepático, cardíaco y muscular, lo que confirma un cambio recíproco en el metabolismo glucosa-acetato de acuerdo al momento posprandial.

Otro punto a considerar en la eficiencia energética de raciones fibrosas es que el incremento calórico de la FC es mucho mayor de lo que representa para proteínas y grasas (Armstrong y Blaxter, 1957). Esto es, que en condiciones medio ambientales - por debajo de la zona de termoneutralidad la adición de fibra generaría calor extra que pasaría a formar parte de la Energía neta de mantenimiento; pero en condiciones de temperaturas altas, este calor extra generado necesita ser disipado produciendo ineficiencia energética.

En este contexto, Hublet et al (1985) diluyeron la concentración de energía de una dieta maíz-soya con la adición de cebada para llevarla de 1.11 a 2.92 Mcal/kg de EM y sometieron a los animales a temperaturas ambientales de 23 a 13°C. Sus resultados indican que el uso para crecimiento de la EM de las dos dietas fué similar a 13°C, mientras que a 23°C la dieta más concentrada generó mejores resultados. Esto es, que por debajo de la zona termoneutral el mayor incremento calórico de la dieta diluida se sumó a la EM y permitió tener la misma utilización que la dieta concentrada.

Por otro lado, es importante considerar que el aprovechamiento digestivo y metabólico de los diferentes nutrientes va a estar determinado en gran medida por la edad y peso del animal. Fernández et al (1986), determinaron la digestibilidad de la PC, FC, grasa cruda, extracto libre de nitrógeno, almidón, EB y la EM de 26 ingredientes incluyendo algunos con más de 40% de fibra cruda en cerdos de 40-60 kg, comparándolos con los valores obtenidos en cerdos adultos. Sin excepción las cerdas mostraron una habilidad superior para digerir los nutrientes en todos los alimentos estudiados.



En el caso de otros nutrientes, como los minerales, ha sido también estudiado su digestión en presencia de fibra. Ravin et al (1984), usando avena como fuente de fibra en cerdos de 35 kg, encontraron que la absorción y retención (como % de lo consumido) de P, Mg, Cu y Mn, fueron ligeramente superiores con la adición de avena, mientras que el Ca y Zn eran afectados negativamente. La absorción de Na y K fue disminuida para los cerdos con niveles altos de FC, aunque se incrementaba la retención de K. Por otro lado, trabajos realizados en cerdos al destete (Okonkwo et al., 1978a; 1978b) se encontró una interacción entre el nivel de fibra dietética y el P sobre el Ca y P sérico y la fosfatasa alcalina, de tal manera que la presencia de celulosa en forma de solka floc disminuyó la absorción de estos minerales.

Efecto de la inclusión de fuentes fibrosas sobre el comportamiento de los cerdos de engorde.

El consumo voluntario de alimento está relacionado negativamente con la densidad calórica de la dieta (Shimada, 1983) de tal manera que alimentos fibrosos generalmente van a producir un incremento en el consumo de alimento. En el trabajo de Baird et al (1975) la elevación del nivel de FC de 4 a 8% produjo un aumento en el consumo de alimento para compensar por la menor densidad calórica de la ración, en cambio Carmona y Brambila (1967) usando ensilaje de sorgo en cerdos en finalización y restringiendo el alimento balanceado, encontraron que los cerdos no aumentaron su consumo, quizá debido a la baja densidad de este ingrediente, lo que impidió que, por volumen, se presentara el efecto. En otro trabajo (Grabowski y Danielson, 1978) con un 25% de alfalfa se produjo un incremento en el consumo de alimento con respecto a la dieta testigo, pero cuando se añadió un 3.75% de cebo el consumo se redujo. El NRC (1987) compiló una serie de trabajos al respecto y concluye que además de factores climáticos y de edad, el consumo voluntario está regido por la densidad energética.

Moser et al (1982) añadieron a dietas sorgo-soya y maíz-soya niveles de  $\alpha$  celulosa (solka floc) de 4 y 8%, encontrando

que a mayor nivel de celulosa disminuía la ganancia diaria de peso, el consumo voluntario y la eficiencia alimenticia, sin embargo, se debe recordar que la celulosa sintética no es necesariamente un buen ejemplo de ingrediente fibroso; en contraste, Lindemann et al (1986) al incluir 7.5, 15 y 22.5% de cáscara de cacahuete - (63.6% de FDN) en la dieta de cerdos desde los 29 kg hasta finalización en dietas isonitrogenadas, encontraron que los animales aumentaron su consumo linealmente conforme el nivel de inclusión de la cáscara fue mayor, a fin de sostener la misma ganancia de peso lo que repercutió en una menor eficiencia alimenticia. Un dato importante de este trabajo es que el nivel más alto de fibra produjo un incremento del 71% en el consumo cuando se consideró el volumen de la ración.

Un trabajo llevado a cabo con la intención de comparar el efecto de dietas altas en fibra con una dieta testigo formulando las dietas isonitrogenadas (DIN), dilución simple (DDS) o bien isonitrogenadas e isoenergéticas (DINE) por la inclusión de acetate (Kennelly y Aherne, 1980a) usando cascarrilla de avena como -- fuente de fibra, llevando a los cerdos desde los 27 kg hasta el sacrificio a los 92 kg en dos etapas, los resultados de toda la -- engorda indican que la inclusión de fibra disminuyó en todos los -- casos la ganancia diaria de peso y alargó el tiempo necesario para el sacrificio, la DINE produjo un menor consumo que la DIN, lo que se reflejó en que la conversión alimenticia fue igual entre la dieta testigo y la DINE. Cuando se analizó la fase de finalización (63-92 kg) no se encontraron diferencias en ganancia de peso para los animales consumiendo cualquiera de las dietas, producto de iguales consumos de ED, la conversión alimenticia fue igual para DINE y la dieta testigo.

El trabajo anterior pone en evidencia el que la respuesta a altos niveles de fibra en la ración depende en gran medida de la formulación de la ración y además que ya sea la edad o el período de adaptación previo, permite al cerdo incrementar el consumo de alimento a fin de mantener su consumo de ED cuando se --

diluye la densidad energética de la ración con la inclusión de altos niveles de fibra. En las mediciones en la canal no se obtuvieron diferencias apreciables, resultados parecidos a los que encontró Baird et al (1975). Kass et al (1980a) en cambio, observaron que a medida que se incrementaba el nivel de alfalfa en la --dieta de 0 a 60% se disminuía la grasa dorsal. Pond et al (1981), al comparar animales genéticamente magros u obesos en dietas con 0 y 20% de alfalfa, y hacer mediciones en canal solo observaron efecto de grupo genético y no de dieta. Todo esto implica que los resultados de medición en la canal van a variar de una fórmula a --otra aunque se espera que al diluir la densidad energética de una dieta se obtenga una disminución en la deposición de grasa.

Respuesta productiva de cerdos en engorda sometidos a diferentes medios ambientales consumiendo dietas con altos niveles de fibra

Si se considera el alto incremento calórico de la FC, se podría pensar que el comportamiento de cerdos mantenidos --en diferentes medios ambientales va a variar en función de la interacción medio ambiente nutrición, este tema se ha revisado bajo dos puntos de vista distintos, en dos estaciones del año o bien --bajo condiciones termoneutralizadas.

En la Universidad de Georgia (Coffey et al., --1982) condujeron una serie de trabajos comparando el comportamiento de los cerdos en invierno y verano con diferentes niveles de --fibra en la ración a partir de celulosa, alfalfa y pasto Bermuda, solos o combinados con aceite. Encontraron que la interacción entre estación del año y EM de la dieta sobre ganancia diaria de peso era significativa, de tal manera que los cerdos consumiendo --dietas con bajo contenido de EM (por la adición de fibra) ganaron lo mismo que los testigos durante el invierno, pero se encontró --una reducción lineal en las ganancias como resultado de estas dietas durante el verano. Asimismo, se observó una relación lineal --en la relación consumo/ganancia conforme se incrementó la EM en la dieta en ambas estaciones; pero las dietas concentradas fueron

mejor aprovechadas durante el verano que durante el invierno.

Stahly y Cromwell (1986) añadieron a una dieta base un 10% de alfalfa y la ofrecieron a cerdos mantenidos a 10, - 22.5 ó 35 C y encontraron que la adición de alfalfa bajó el consumo de alimento a los 10C, pero no en las demás temperaturas, además disminuyó la eficiencia alimenticia a los 22.5 y 35C, pero no en el medio ambiente más frío, por lo que concluyen que el valor de ingredientes fibrosos con bajo contenido de lignina para cerdos en crecimiento alimentados ad libitum es mayor para animales en un medio ambiente moderadamente frío que en uno tibio o francamente cálido.

En resumen el uso de fibra en diferentes medios ambientes debe considerarse siempre y cuando se formule para racionalizar y aprovechar en lo posible el incremento calórico.

#### Uso de fibra para cerdas reproductoras

Han sido muchos los trabajos en los que se han usado fuentes fibrosas en la alimentación de cerdas gestantes, publicándose resultados muy diferentes de acuerdo a la fuente y nivel de fibra y el sistema de alimentación empleada.

En la literatura revisada, aquellos trabajos con índices de sobrevivencia arriba del 84% en los grupos control (sin ingredientes fibrosos) no se observó una mejoría en esta variable ante el uso de fibra (Uzgorskii y Kireenko, 1982; Prince y Eason, 1978, Pollman et al., 1979). Sin embargo, cuando la sobrevivencia de los grupos testigo era menor al 84% se obtuvo una respuesta favorable al añadir ingredientes fibrosos (Cuarón et al., 1980; Cuarón et al., 1979; Pollman et al., 1981) o bien no hubo efecto (Calvert, 1983; Angeles et al., 1985). En lo que sí hubo consenso general entre los anteriores autores es que la adición de ingredientes fibrosos en la dieta de la cerda gestante reduce la ganancia de peso durante la gestación y se menciona en algunos casos una disminución del peso de la camada al destete (Calvert, 1983).

En general se puede decir que esta etapa productiva permite el uso de ingredientes fibrosos con mayor libertad de lo que podría ser en cerdos de engorda, debido a la mayor capacidad de consumo de la cerda además de que permite evitar el excesivo engrasamiento.

En el caso de cerdas en lactancia el uso de ingredientes fibrosos en sistemas de alimentación ad libitum no tiene efecto sobre el tamaño de la camada a los 21 días, aumenta la grasa en leche y tiene efectos variables en el cambio de peso de la cerda durante esta etapa de acuerdo al diluyente empleado (Zolopoulos et al., 1982).

#### Uso de la fibra por diferentes grupos genéticos

Drewry (1981) estudió la interacción nivel de fibra con grupo genético usando 4 y 9% de FC y 2 diferentes genotipos provenientes de cruces de las razas Hampshire, Duroc y Yorkshire y concluyó que todos los genotipos aprovechaban la fibra en forma similarmente eficiente y en el trabajo ya citado de Pond et al (1981) los cerdos genéticamente magros u obesos crecieron en igual forma entre sí por el consumo o no de dietas fibrosas. Falta información a este respecto para poder ser más concluyentes en este punto.

#### Efecto de diferentes aditivos para dietas con alto contenido de fibra en el comportamiento productivo del cerdo

A la fecha, el efecto de diferentes aditivos sobre el valor nutricional de dietas fibrosas ha sido solo parcialmente estudiado. Por ejemplo, en el trabajo de Gargallo y Zimmerman (1980) se demostró que la adición de neomicina a la dieta del cerdo disminuyó la digestibilidad de la celulosa y la concentración cecal de AGV, aumentando el N amoniacal cecal como consecuencia de una menor síntesis de proteína microbiana, independientemente del nivel de fibra de la dieta.

La virginiamicina en dietas altas en fibra (Ravindran et al., 1984) aumentó la digestibilidad de la MS, energía, FDN, FDA, hemicelulosa y celulosa al disminuir la tasa de paso del alimento aumentando la tasa energía retenida/energía bruta (EB) consumida sin afectar la retención del nitrógeno o la ganancia de peso. Con bacitracina-neomicina (Igum et al., 1982) disminuyó la digestibilidad de la MS, Materia orgánica, extracto libre de nitrógeno y energía sin alterar la digestibilidad o la retención del nitrógeno, pero disminuyendo la relación EM/EB consumida; -- coincidentemente Sherry et al (1981) encontraron que la aureonina no tuvo efecto sobre la digestibilidad de la celulosa o la energía, aunque la producción de calor se redujo en dietas conteniendo celulosa sintética. Por estos resultados parece ser que el efecto de los antibióticos va a depender en mayor proporción del tipo y espectro de la droga usada, ya que mientras algunos deprimen el aprovechamiento de la FDN, otros lo aumentan.

Un aditivo que se ha usado poco en cerdos es la monensina sódica, sin embargo en rumiantes es un promotor del crecimiento ampliamente usado. Es un ionóforo carboxílico que en aves es usado como coccidiocida.

En el caso de rumiantes se ha demostrado que la adición de monensina sódica disminuye la producción de metano (aumentando la eficiencia energética) y de ácido acético y butírico, incrementando la producción de propiónico y eliminando casi por completo la producción de valérico (Wallace, 1981), además este ionóforo incrementa la producción de proteína sobrepasante y disminuye la proteólisis ruminal, aumentando la cantidad y la calidad de la proteína que pasa a abomaso y duodeno (Vanhaecke et al., 1985), como consecuencia la concentración ruminal de N amoniacal es inhibida (Ricke et al., 1984) aunque no se ha podido encontrar una interacción consistente entre el uso de monensina y el nivel de proteína en la dieta (Thompson y Rilley, 1980).

El trabajo de Horton (1980) mostró que la monensina incrementa la digestibilidad de la materia orgánica, la fibra cruda

y la proteína, lo que permitió que novillos en corral de finalización consumieron menos alimento, ganando más peso y con una mayor eficiencia alimenticia, similares resultados se han encontrado en el caso de borregos (Daugherty et al., 1986). Un análisis de 12 trabajos incluyendo 434 animales (Wilkinson et al., 1980) en condiciones de pastoreo suplementado, mostró una mejor ganancia de peso para novillos recibiendo 200 mg/cabeza de monensina sódica, además de que el efecto no disminuyó con el tiempo.

En el caso de cerdos lo que se investigó fueron los niveles tóxicos de la monensina sódica y VanVleet et al (1983) determinaron que 50 mg/kg de peso vivo en forma oral era necesario para producir problemas musculares por lo que parece ser que el cerdo responde en forma parecida a la de los bovinos.

Holzgraefe et al (1985a) estudiaron el uso de lasalocida que es un ionóforo parecido a la monensina y que se usa con idénticos fines en rumiantes (como modulador de la fermentación). Para ello con líquido cecal in vitro provenientes de cerdas alimentadas con dietas a base de heno de alfalfa y pasto orchard o bien maíz-soya, lo incubaron y encontraron que la adición de lasalocida incrementaba la proporción molar de propionato y disminuye la de acético en ambas dietas, lo que muestra resultados parecidos a lo encontrado en el caso de rumiantes. Este mismo grupo de trabajo (Holzgraefe et al., 1985b) utilizando cerdas gestantes en jaulas metabólicas alimentadas con las mismas dietas del trabajo anterior, encontraron que lasalocida no influyó en los valores de ED y EM de las raciones pero sí disminuyó la relación EM/ED, asimismo la retención de nitrógeno fue afectada negativamente por el ionóforo en el caso de las dietas maíz-soya y por último mejoró la digestibilidad de la FDA.

Otro aditivo usado en cerdos es el sulfato de cobre, aunque poco se ha trabajado sobre su efecto con fibra.

Por más de 20 años se ha sabido que al alimentar a los

cerdos con niveles altos de cobre (250 ppm) se obtiene una respuesta de promoción del crecimiento (Aherna, 1986). Sin embargo, en trabajos cooperativos hechos por universidades estadounidenses (NRC, 1974) las respuestas productivas han sido muy variables dependiendo de la raza, el medio y el manejo y muy importantemente del nivel de microbismo ambiental, aunque se ha demostrado (Cervantes y Coca, 1987) que el cobre es menos efectivo que los antibióticos para disminuir las poblaciones de coliformes y cocos del tubo digestivo.

A pesar de esto, es un hecho que el uso de cobre y antibióticos simultáneamente, permite optimizar la respuesta de promoción del crecimiento. Patterson (1984) usó dietas de iniciación y crecimiento con niveles basales de Cu (10 mg), a estas les añadió 180 mg de Cu, Cu y carbadox o bien Cu y avoparcina y encontró que hasta los 10 kg de peso Cu y carbadox mostraron efectos sinérgicos para ganancia de peso. Los resultados de Hoof y Mahan (1982) confirman estas observaciones, añadiendo que el carbadox reduce la retención del Cu y evita su concentración en hígado.

Por otro lado Stahl, et al (1980) al estudiar el efecto de la inclusión de cobre, clortetracina y/o virginiamicina a la dieta de cerdos recién destetados, encontraron que la incorporación de Cu y un antibiótico aumentó las ganancias diarias de peso en 10% y la eficiencia alimenticia de 2 a 5% comparado con la adición de un solo agente antimicrobiano.

Generalmente cuando los animales pasan más tiempo con sumiendo altos niveles de Cu su respuesta en ganancia de peso se hace menor por la excesiva acumulación de Cu en el hígado. Monroy (1983) indica que para incluir altos niveles de cobre en la dieta de los animales, se debe trabajar a concentraciones superiores a las recomendadas de Zn y Fe, ya que es bien reconocido el antagonismo entre Zn y Fe con Cu (McDonald et al (1973).

La adición de sulfato ferroso a dietas con 250 ppm de -



Cu redujo el contenido de Cu hepático de 278 a 21 ppm con un incremento del crecimiento del 4% (Delima et al., 1981). Prince et al. (1979) encontraron resultados parecidos, además de que la adición de Cu a la dieta resultó en una disminución del contenido de Fe hepático, que se corrigió con la adición del sulfato ferroso. En México, Angeles y Cuarón (1986) no encontraron efecto de Fe suplementario a dietas con altos niveles de Cu en ganancia diaria de peso. Por otro lado, un incremento en el nivel de Ca dietético produce una mayor concentración de Cu hepático en cerdos consumiendo 250 ppm de Cu dietético, pero no ocurrió así con dietas con 10 ppm de Cu (Prince et al., 1984).

Otra forma de atacar el problema es usar otra fuente de Cu menos absorbible que el  $CuSO_4$  por lo que Cromwell et al. (1978) usaron el óxido de cobre pero no encontraron de esta forma un efecto promotor del crecimiento, también observaron que el sulfato de Na disminuía el Cu hepático sin afectar la ganancia de peso de cerdos consumiendo 250 ppm de Cu como  $CuSO_4$ . Gipp et al. (1973) encontraron que el uso de 250 ppm de Cu en dietas basadas en leche deshidratada desde el destete hasta el sacrificio, causó una anemia muy severa en los animales, cosa que no ocurrió en cerdos consumiendo maíz-soya, por lo que pudiera existir una interacción con diferentes dietas, y/o sustratos, por ejemplo en un trabajo (Barber et al., 1984), se observó que usando pasta de soya, los animales depositaban menos Cu hepático que aquellos que consumían harina de pescado como fuente de proteína, parece ser que el alto nivel de fitatos de la pasta de soya puede interferir con la absorción de cobre.

Cuando se usaron niveles de Cu en dietas cuya principal fuente de proteína era soya cruda (Angeles y Cuarón, 1987) no se encontró respuesta en los índices productivos de los animales que la consumieron, por lo que parece ser que a pesar de su conocida capacidad de inhibición de la actividad ureásica no fue suficiente para contrarrestar la actividad antitripsínica de la soya cruda. Debido a que en raciones altas en melaza el  $CuSO_4$  no ha teni

do efectos de promoción del crecimiento (Cuaron, 1986), se podría pensar que la alta velocidad de paso de la melaza no permitió una fermentación colónica importante, que podría ser uno de los mecanismos de acción del  $CuSO_4$ . Cervantes y Cueva (1987) con dietas sorgo-soya tampoco encontraron efecto ante el uso de  $CuSO_4$ , reportando que no se afectó la concentración o proporción molar de -- AGV.

Congruentemente, al aumentar la fibra (y con ésto el potencial de fermentación), Hayen y Cuaron (1985) encontraron un incremento del 20% en la ganancia diaria de peso de cerdos alimentados con 20% de alfalfa deshidratada cuando se le incorporó cobre.

Otro punto que causa preocupación es la biodisponibilidad del Cu excretado pensando en que podría ser un posible contaminante. Izquierdo y Baker (1986) encontraron que pollos consumiendo 784 mg de Cu/kg dieta a partir de Cu fecal de cerdos no mostraron disminución del crecimiento, signos de toxicidad o acumulación excesiva del mineral en hígado, contrario a lo que sucedió con 500 ppm en forma de  $CuSO_4$ . Resultados similares obtuvieron Guerrero *et al* (1985), en ratas y borregos por lo que se confirma que la biodisponibilidad del cobre fecal es muy baja.

En el caso de dieta fibrosa falta dilucidar el impacto del  $CuSO_4$  en la productividad del cerdo así como, el tratar de explicar algunos de sus efectos.

#### Evaluación metabólica y digestiva de ingredientes fibrosos para el cerdo

En los últimos años se ha puesto atención a la evaluación nutricional de los ingredientes, pero en el caso de alimentos fibrosos no existe aun una metodología del todo confiable.

Diggs *et al* (1965) mostraron que la adición de un nuevo ingrediente a una dieta basal determinada no afecta su aprovechamiento por el cerdo, de tal manera que preparando una dieta basal

fortificada y añadiendo el ingrediente a probar las diferencias energéticas que existan se le atribuyen al ingrediente problema - para poder así determinar EM, retención de N y digestibilidad de los demás nutrientes. Con este método tan simple se ha determinado la EM y balances nutricionales en general de un buen número de ingredientes como el maíz y la avena (DeGoey y Ewan, 1975b) arroz y sus puliduras (Robles y Ewan, 1982) y gluten de maíz (Yen et al 1974).

Sin embargo, cuando se trabaja con ingredientes fibrosos se deben hacer consideraciones al respecto, ya se discutió - que la inclusión de altos niveles de FC en la dieta del cerdo con lleva fuertes interacciones con los demás componentes al acelerar la velocidad de paso, aumentar el volumen y la actividad microbiana, en este sentido es claro que la determinación de la EM por - simple diferencia sería difícil de llevar a cabo o conduciría a - resultados inconsistentes y/o inexactos.

En el trabajo de Stanley y Ewan (1982), la energía metabolizable de la harina de alfalfa cuando se dió al 1% de peso corporal fue de 2.91 Kcal/g; cuando se ofreció al 2% el valor fue de 2.31 Kcal/g por lo que el resultado varió en función del consumo diario.

Generalmente cuando el animal tiene un consumo restringido esto resulta en una mejor digestibilidad de los nutrientes - (De Goey y Ewan, 1975a; Haydon et al., 1984) y cuando se usan ingredientes muy voluminosos el consumo se debe restringir para asegurar un consumo completo, por lo que bajos niveles de inclusión y de consumo así como la interacción de la fibra con otros nutrientes puede acarrear inexactitudes en las mediciones metabólicas (Cisneros et al., 1985). Ahora bien el problema puede ser atacado a partir del uso de diseños experimentales tales que permitan la construcción de ecuaciones de regresión que nos den valores de predicción dentro de los rangos de inclusión usados del ingrediente (Fernández et al., 1986; Lindemann et al., 1986). Como incon-

venientes de ésto último, se presenta la necesidad de mas animales al multiplicarse el número de tratamientos. Aunque una vez que se ha corrido una buena cantidad de pruebas se pueden construir ecuaciones de predicción a partir de las características bromatológicas de los diferentes alimentos (Batterham et al 1980).

## OBJETIVO

Dado que la monensina sódica se ha mostrado como un buen recurso para el aumento de la eficiencia alimenticia en rumiantes, podría pensarse que tuviera efectos parecidos en la utilización de ingredientes fibrosos por el cerdo. Por otro lado, en pruebas preliminares el CuSO<sub>4</sub> parece ser que mejora el aprovechamiento de dietas fibrosas y considerando que el rastrojo de maíz presenta un alto contenido de paredes celulares y es un recurso abundante y barato del cual no existen antecedentes en la literatura para su uso en cerdos; el objetivo del presente trabajo fue estudiar la respuesta productiva y metabólica del cerdo consumiendo niveles altos de rastrojo de maíz en la ración ante la inclusión de monensina sódica y/o sulfato de Cu.

## MATERIAL Y METODOS

Este trabajo se llevó a cabo en la granja experimental porcina del Campo Experimental "La Posta" del INIFAP en el km 22.5 de la carretera Veracruz-Córdoba, con un clima Aw<sub>0</sub> tropical-subhúmedo.

La fase experimental se llevó a cabo en el período comprendido de Febrero de 1987 a Septiembre de 1988.

La composición química del rastrojo de maíz se muestra en el Cuadro 1.

Para la consecución de los objetivos se realizaron 3 trabajos experimentales.

### Experimento 1.

Evaluación nutricional del rastrojo de maíz en la dieta del cerdo.

Objetivo: Determinar el valor nutritivo del rastrojo de maíz y su influencia sobre el aprovechamiento de las fracciones de fibra, el nitrógeno y la energía de la dieta.

Se usaron 18 cerdos, de 66.3 ± 5.5 kg de peso (en la fase experimental), 6 hembras y 12 machos no emparentados provenientes de un programa de cruce alterno Landrace x Duroc, desparasitados con levamisol y vitaminados con ADE intramuscular antes del inicio de la prueba.

Se usó una dieta basal sorgo-soya que se formuló para exceder en un 20% los requerimientos que marca, el NRC (1979) para animales en finalización, la que se diluyó con cantidades crecientes de rastrojo de maíz a niveles de 2, 4, 6, 8 y 10% para resultar en las dietas 2 al 6 (Cuadro 2).

CUADRO 1. COMPOSICION QUIMICA DEL RASIROJO DE MAIZ USADO (b. s.)<sup>a</sup>

N U T R I E N T E	x
Humedad	10.31
Nitrógeno	.63
Fibra detergente neutro	74.40
Fibra detergente ácido	50.62
Lignina	12.55
Celulosa	35.02
Cenizas	3.05
Hemicelulosa	23.78
Contenido celular	25.60
Energía bruta Mcal/kg.	3.89

<sup>a</sup>base seca

**CUADRO 2.**  
**COMPOSICION DE LAS DIETAS DEL EXPERIMENTO 1 g/kg**

INGREDIENTE	DIETA No.					
	1	2	3	4	5	6
PASTA DE SOYA	171.0	167.3	165.9	160.5	157	153.6
SORGO MOLIDO	788.0	772.5	756.8	741.0	725.2	709.5
ACEITE DE SOYA	10.0	9.8	9.6	9.4	9.2	9.0
RASTROJO	----	20.0	40.0	60.0	80.0	100.0
VITAMINAS Y MINERALES <sup>a</sup>	6.0	5.9	5.8	5.6	5.5	5.4
O. DE Ca (20% Ca, 18% P)	17.0	16.6	16.3	16.0	15.6	15.3
CONCHA DE OSTION	2.0	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8
SAL COMUN	6.0	5.9	5.8	5.6	5.5	5.4

a \* Aportó por kg de premezcla: Vit. A 300 000 U.I.; Vit. D 750 000 U.I.; Vit. E 2 500 U.I.;  
 Riboflavina 3 g; Niacina 12 g; Ac. pantoténico 7 g; Vit. B12 8mq;  
 Colina 150 g; Vit. K 5 g; Biotina 2.5 g; Fe 40 g; Cu 10 g;  
 Co 6.7 g; I 2 g; Mn 4 g; Zn 10 g; Se 15 mg



(CUADRO 2. (CONTINUACION)  
COMPOSICION DE LAS DIETAS DEL EXPERIMENTO 1 g/kg

NUTRIMENTO	DIETA No.					
	1	2	3	4	5	6
Ca <sup>b</sup>	5.6	5.5	5.5	5.4	5.4	5.3
P <sup>b</sup>	4.7	4.6	4.5	4.4	4.3	4.3
N <sup>c</sup>	24.1	23.5	23.0	23.0	22.4	22.1
FDN <sup>c</sup>	264	272	284	299	305	311
PDA <sup>c</sup>	77	87	93	105	113	122
LIGNINA <sup>b</sup>	28	30	31	34	36	37
CELULOSA <sup>b</sup>	10.3	18.5	23	32.6	38.5	47.7
CENIZAS <sup>c</sup>	38.7	38.5	38.5	38.9	38.3	37.2
HEMICELULOSA <sup>b</sup>	187	185	191	194	192	189
FRACC. SOLUBLES <sup>b</sup>	736	728	716	701	695	689
EB, Mcal/kg <sup>c</sup>	3.845	3.853	3.848	3.860	3.848	3.857
HEMICELULOSA/CELULOSA	18.2	10	8.3	5.9	5.0	4.0

b = Calculado,

c = Determinado

### Procedimiento Experimental

Los animales al llegar a los 60 kg de peso vivo se alojaron individualmente en corraletas de 27 m<sup>2</sup> con agua a libertad y comedero de canoa, con el fin de adaptarse a las dietas, que les correspondieron por sorteo, las que se empezaron a dar ese mismo día. El alimento se ofreció durante 60 minutos de las 9 a las 10 horas diariamente, al cabo de los cuales se retiró a fin de acostumbrarlos a consumirlo totalmente y en forma rápida. Se registró el consumo a fin de determinar el consumo medio del animal que comió menos en cada bloque, para fijar este mismo nivel de alimentación durante el período en jaulas metabólicas, permitiendo un mínimo rechazo; este período de adaptación a dietas y sistemas de alimentación tuvo una duración de 14 días.

Terminando el período de adaptación los animales se pesaron y previo sorteo de alojamiento se llevaron a jaulas metabólicas de estructura metálica recubiertas con lámina galvanizada, piso reforzado de metal despegado, malla de 2 mm recolectora de heces, charola recolectora de orina de fibra de vidrio y comedero/cubedero de lámina galvanizada. Aquí el alimento se les ofreció al nivel antes descrito pero dividido en dos comidas a las 8 y 21 h., ofreciéndose el agua a voluntad después de cada comida.

Se contó con 6 jaulas por lo que se usaron 6 animales simultáneamente; primero se subieron 6 hembras y después 2 grupos de 6 machos castrados cada uno; la fecha de entrada a jaula, estuvo determinada por el momento en que los animales llegaron al peso de seado.

Transcurridos cuatro días del período de adaptación a jaulas les fue retirado el alimento por 24 h a fin de vaciar lo más posible el tubo digestivo, durante este día sólo se les ofreció agua a libertad. En la siguiente comida (primera del período de colección) se les suministró Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> al 1% a fin de tener de rojo las heces correspondiente, a esta comida y por lo tanto marcar el inicio del período de colección fecal, que constó de 4 días (Ben-

Hartog et al., 1987) tiempo suficiente para los propósitos del estudio. Terminado este período de 8 comidas, a la siguiente se les añadió el marcador a fin de rechazar la materia fecal teñida, y después de ser pesados los animales se dió por terminada esta fase del experimento.

Las heces se recogieron diariamente durante la fase de colección en bolsas de polietileno con capacidad para 2 kg previamente identificados para el caso. Las heces homogeneizadas se secaron en una estufa de aire forzado (60C/48 h) y se dejaron estabilizar a medio ambiente durante 1 h para ser pesadas y tomar 50 g de cada muestra para posteriores análisis, conservándolas en frascos de vidrio en una gaveta fresca y seca.

La colecta de orina se inició 48 h después de la primera comida del período de colección a fin de evitar alguna posible efecto residual del ayuno. El procedimiento se repitió por 3 veces más, una muestra por día. Previo a la toma de muestras, la cubeta de colección era tratada con 25 ml de HCl concentrado (como conservador). La orina se midió y se llevó a volumen constante (4 ó 5 l) con agua destilada, tomando una alícuota de 100 ml que se congeló en frascos de vidrio con tapa de rosca a -20C.

#### Variables de respuesta

Consumo de:	Fibra detergente neutro	kg
	Nitrógeno	kg
	Energía bruta	Mcal
	Alimento	kg
Digestibilidad de:	Materia seca	%
	Fibra detergente neutro	%
	Fibra detergente ácido	%
	Hemicelulosa	%
	Celulosa	%
	Contenido celular	%
	Energía	Mcal/kg
	Nitrógeno	%

Energía orina/E. consumida	%
Energía orina/E. digerida	%
Energía metabolizable	Mcal/kg
Energía metabolizable/f. digerida	%
N. retenido	% N ingerido
R. retenido	% N digerido

#### Análisis químicos

Para N, FDN, FDA y EB de los alimentos y las heces se siguieron los procedimientos descritos por Tejeda (1983). La digestibilidad de hemicelulosa, celulosa y contenido celular se determinó por diferencia:

$$\begin{aligned}
 MS - FDR &= \text{Contenido celular} \\
 FDR - FDA &= \text{Hemicelulosa} \\
 FDA &= \text{Lignina, sílice y cenizas} + \text{celulosa}
 \end{aligned}$$

En este caso salta a la vista que a medida que se avanza en el análisis de las fracciones de fibra, el obtener valores de composición por diferencia van a acumular todos los posibles errores del análisis, lo que hace menos confiables sus valores y los resultados y discusión con respecto a ellos debe tomarse con las reservas del caso.

El manejo de la orina en el laboratorio fué el siguiente:

Las 4 muestras de cada unidad experimental se descongelaron y se filtraron sobre algodón para eliminar cualquier posible residuo de alimento, insectos u otros contaminantes. Después se tomaron 25 ml de cada una de las submuestras y se reunieron en un solo frasco que se congeló nuevamente para seguridad; otros 10 ml fueron pesados en capitas de aluminio previamente taradas para la determinación de densidad de la orina al relacionar el volumen con el peso.

El resto de la mezcla se utilizó para el análisis de N y EB. Para el caso del nitrógeno se usaron 10 ml de orina y se siguió el método de Kjeldahl descrito por Tejada (1983). Para la determinación de la EB se utilizaron pastillas de almidón pregelatinizado secas y taradas (12 h a 60C) a las que se añadieron algunas gotas de orina (aproximadamente 5 ml) y se pesaba nuevamente. Para determinar el peso de la orina añadida, se secaron en una estufa a 60 C por un mínimo de 4 h y se obtuvo la energía bruta en una bomba calorimétrica. Por diferencia se calculó la EB urinaria al correr blancos de almidón con agua destilada. Como se conocía la densidad de la orina se convirtió a litros para conocer la excreción diaria de energía en la orina.

#### Análisis de resultados

Conociendo los valores de aprovechamiento de la dieta basal se pueden conocer los datos de uso del rastrojo de maíz por simple diferencia, para esto se aplicó la fórmula sugerida por Yen et al (1974) para energía metabolizable, aunque se aplicó de hecho para todos los criterios de evaluación, incluso para la f. urinaria.

$$EMx = EMde - (Emdb \cdot I) \\ Ix$$

En donde:

EMx: EM del ingrediente problema

EMde: EM de la dieta experimental

Emdb: EM de la dieta basal

I: Porcentaje de inclusión de la dieta basal

Ix: Porcentaje de inclusión del ingrediente problema

Una vez teniendo todos los criterios de respuesta del rastrojo de maíz con los 5 niveles de inclusión se sujetaron a un análisis de varianza (Snedecor y Cochran, 1967) bajo el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + E_i + B_j + E_{ijk}$$

En donde:

$\mu$  = Media poblacional

$Y$  = Variable dependiente

$R_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo nivel de rastrojo de maíz

$B_j$  = Efecto de bloques

$E_{ijk}$  = Error residual

El criterio de bloqueo fue sexo y fecha de entrada al experimento; debido a que un animal del tratamiento 5 no se adaptó a la jaula se hizo un análisis de datos perdido de acuerdo a Stell y Torrie (1960) restándole un grado de libertad al error.

Los datos originales (antes de aplicar la ecuación de Yen et al., 1974) se analizaron por regresión a fin de predecir los valores correspondientes para solo el rastrojo de maíz (Fornódez y Jørgensen, 1985), con previo análisis de superficie de respuesta por polinomios ortogonales (Anderson y McLean, 1974); una vez determinada la ecuación de regresión se sacó el valor de  $\bar{y}$  para conocer el % de digestibilidad aparente para el RM.

### Experimento 2.

Efecto de la monensina sódica y sulfato de cobre en el comportamiento productivo de cerdos en crecimiento-finalización consumiendo dietas con 15% de rastrojo de maíz.

Objetivo: Conocer la respuesta productiva del cerdo consumiendo altos niveles de rastrojo de maíz ante la inclusión de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , monensina sódica o ambos.

Animales: Se utilizaron 32 cerdos machos y hembras provenientes de un cruce alterno Landrace x Duroc de 42 kg de peso inicial, previamente desparasitados y vitaminados.

Se fueron agregando al trabajo en grupos de 4 animales de tal manera que fueron 3 bloques de hembras y 5 de machos, la fecha de entrada al experimento estuvo determinada por el momento en

que llegaban al peso deseado.

**Dietas:** Las dietas experimentales (Cuadro 3) se formularon al 13% de PC (NRC, 1979) aún cuando el aporte de proteína pudiese ser insuficiente antes de los 60 kg de peso corporal. Se usó sorgo, pasta de soya y un 15% de rastrojo de maíz, con el fin de incrementar la dependencia del animal hacia este ingrediente. Con la dieta así formulada para resultar en un segundo tratamiento, le fué añadido sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) grado comercial a razón de 250 ppm, de acuerdo a las recomendaciones del NRC (1974). El tratamiento 3 resultó de la adición de monensina sódica a razón de 20 ppm cantidad de principio activo. El tratamiento 4 incluyó los dos aditivos incluidos en los niveles antes citados, habiéndose añadido éstos, en todos los casos a expensas del sorgo.

El rastrojo se pasó por un molino de martillos con criba de 5 mm y el alimento se preparó mezclando primero el sorgo, la pasta de soya y los ingredientes fijos, que se retiraron de la mezcladora para después introducir el rastrojo a la máquina que puso a funcionar y allí se vertió la mezcla, se abrió la compuerta de descarga y se encostaló; esto se tuvo que hacer debido a que en la forma tradicional existía una segregación excesiva de los ingredientes; por la baja densidad del rastrojo.

Los animales al iniciar el trabajo fueron pesados y después cada 15 días y fueron alojados en las corraletas individuales descritas para el experimento 1. El alimento se ofreció diariamente a las 8:00 y durante 90 minutos al término de los cuales se recogieron y se midieron rechazos; esto con el fin de evitar al máximo la selección de ingredientes por parte del cerdo. La prueba tuvo una duración de 70 días.

Los criterios de respuesta fueron:

Peso inicial

kg

**CUADRO 3.**  
**COMPOSICION DE LAS DIETAS USADAS EN LOS EXPERIMENTOS 2 Y 3 %**

INGREDIENTE Y/O NUTRIMENTO	D I E T A			
	1	2	3	4
RASTROJO DE MAIZ	15.0	15.0	15.0	15.0
SORGO MOLIDO	64.0	63.9	63.98	63.88
PASTA DE SOYA	18.0	18.0	18.0	18.0
CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O (25% de Cu)	----	0.1	----	0.1
MONENSINA SODICA <sup>a/</sup>	----	----	0.02	0.02
VITAMINAS Y MINERALES <sup>b/</sup>	0.5	0.5	0.5	0.5
FIJOS <sup>c/</sup>	2.5	2.5	2.5	2.5

a/ Premezcla comercial con 10% de monénsina védica

b/ Provee por kg de alimento: Vit. A 1,500 U.I.; Vit. D 3,750 U.I.; Vit. E 12.5 U.I.;  
 Riboflavina 15 mg; Nicina 60 mg; Ac. pantoténico 35 mg;  
 Vit. B 12.40 Ug; Colina .75 g; Vit. K 25 mg; Fe 200 mg;  
 Cu 50 mg; Co 33 mg; I 5 mg; Mn 2 mg; Zn 50 mg; Se 75 Ug.

c/ Fijos comprende en %: Ortosulfato de Ca (mono y di fosfato de Ca; 20% Ca, 18% P) 1.5;  
 concha de ostión (38% de Ca) 0.5 y sal común 0.5



CUADRO 3. (CONTINUACION)  
COMPOSICION DE LAS DIETAS USADAS EN LOS EXPERIMENTOS 2 Y 3 %

INGREDIENTE Y/O NITRIMENTO	D I E T A			
	1	2	3	4
ANALISIS DETERMINADO, %				
N	2.12	2.2	2.18	2.01
F D N	32.8	34.2	31.7	33.0
F D A	12.2	13.8	15.4	17.7
LIGNINA <sup>d/</sup>	4.7	6.0	6.4	9.3
CELULOSA <sup>d/</sup>	6.9	12.2	8.0	6.7
CENIZAS	0.6	4.4	1.0	1.7
HEMICELULOSA <sup>e/</sup>	20.6	20.4	16.3	15.3
CONTENIDO CELULAR <sup>d/</sup>	67.2	65.8	68.3	67.0
EM Mcal/kg	3.719	3.803	3.727	3.803

<sup>d/</sup> Calculado por diferencia

Ganancia diaria de peso	kg
Consumo diario de alimento	kg
Eficiencia alimenticia	(Ganancia/consumo)
Eficiencia energética	(Ganancia/consumo ÷ B)

El trabajo se llevó a cabo bajo un arreglo factorial- $2 \times 2$  con dos niveles de  $\text{CuSO}_4$  (0 y 250 ppm) y dos niveles de monensina sódica (0 y 20 ppm) bajo un diseño experimental de bloques con covarianza (peso inicial) con 8 bloques, 4 tratamientos y 12 unidades experimentales. El modelo que explicó la variación para todos los criterios de respuesta de este trabajo fue:

$$Y_{ijkl} = \mu + C_i + S_j + CS_{ij} + B_k + B(x - \bar{x}) + E_{ijkl}$$

En donde:

- $\mu$  = Media poblacional
- $C_i$  = Efecto del i-ésimo nivel de  $\text{CuSO}_4$
- $S_j$  = Efecto del j-ésimo nivel de monensina sódica
- $CS_{ij}$  = Efecto del i-ésimo nivel de  $\text{CuSO}_4$  y el j-ésimo nivel de monensina sódica
- $B_k$  = Efecto del k-ésimo bloque
- $(x - \bar{x})$  = Covarianza a peso inicial
- $E_{ijkl}$  = error experimental

Los bloques se formaron en cuanto a sexo y fecha de entrada al experimento. Los datos se sometieron a análisis de covarianza para dirimir efectos principales y sus interacciones de acuerdo a lo estipulado por Suedecor y Cochran (1967), y SNK para comparaciones entre medias.

### Experimento 3.

Efecto de la inclusión de sulfato de cobre y/o monensina sódica sobre el aprovechamiento de dietas altas en rastrojo de maíz para cerdos.

Objetivo: Evaluar la respuesta metabólica de cerdos consumiendo altas niveles de rastrojo de maíz, ante la inclusión-

de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , monensina sódica o ambos.

**Animales:** Se usaron 8 cerdos, 4 hembras y 4 machos - castrados de 51 kg de peso inicial con manejo previo igual al descrito en los trabajos anteriores, que se usaron primero el grupo de hembras y después el de machos, la fecha de entrada a jaula se tuvo determinada por el momento en que llegaron a los 60 kg de peso.

**Dietas y procedimiento experimental:** Se utilizaron las mismas dietas del experimento 2. El procedimiento de adaptación a dieta y jaula, recolección y manejo de heces y orina y las jaulas fueron las mismas de crías para el experimento 1.

Los criterios de respuesta fueron:

Digestibilidad de materia seca	X
Digestibilidad de fibra detergente neutro	X
Digestibilidad de fibra detergente ácido	X
Digestibilidad de Hemicelulosa	X
Digestibilidad de Celulosa	X
Digestibilidad de contenido celular	X
Digestibilidad de Nitrogeno	X
Energía digestible	Mcal/kg
Energía metabolizable	Mcal/kg
Energía metabolizable/Energía digestible	
Nitrogeno retenido/N ingerido	

La variación total fue explicada por el modelo

$$Y_{ijkl} = \mu + C_i + S_j + CS_{ij} + B_k + E_{ijkl}$$

En donde:

$\mu$  = media poblacional

$C_i$  = Efecto del i-ésimo nivel de  $\text{CuSO}_4$

$S_j$  = Efecto del j-ésimo nivel de monensina sódica

$CS_{ij}$  = Efecto del i-ésimo nivel de  $\text{CuSO}_4$  y el j-ésimo

nivel de monensina sódica  
 $\beta_k$  = Efecto del k-ésimo bloque  
 $E_{ijkl}$  = Error experimental

Los datos se sometieron a análisis de varianza para dilucidar los efectos principales y la interacción, y se usó SNK para diferencias entre medias (Snedecor y Cochran, 1967).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Experimento 1.

El Cuadro 4 contiene los valores de consumo de alimento, FDN, N y E bruta durante la fase de colección del período experimental. Dado el sistema de entrenamiento que los animales tuvieron en las dos semanas previas al momento de subirlos a las jaulas metabólicas, en el cual se les acostumbró a consumir el alimento en su totalidad en un lapso restringido de tiempo; se obtuvo una ingestión igual para todos los tratamientos lo que evitó la necesidad de hacer correcciones por rechazos.

El consumo de paredes celulares en general fue aumentando conforme el rastrojo de maíz (RM) se incluyó a niveles más altos en la ración, ya que este esquilmado presenta un alto contenido de fibra detergente neutro (FDN), caso contrario ocurrió con el N ya que la proteína de la dieta basal era más alta que la del rastrojo. El consumo de EB no se vió afectado por los tratamientos ya que la dieta basal y el rastrojo de maíz presentaron una densidad energética similar (3.85 vs. 3.89/Mcal/kg).

El Cuadro 5 muestra la digestibilidad aparente de la MS, FDN, FDA, hemicelulosa, celulosa y contenido celular en función de la proporción de RM en la dieta del cerdo.

In general se observa que la digestibilidad aparente de la MS y las fracciones de fibra a excepción de celulosa disminuye a medida que se incrementa el nivel de RM.

La digestibilidad de la materia seca se vió afectada en forma negativa conforme a la dieta se fué haciendo más fibrosa, fenómeno que ha sido ya bien establecido por varios autores (Eggum et al., 1982; Ravindran et al., 1984; Stanley y Ewan, 1982) y que responde al incremento de paredes celulares de menor digestibilidad, aunque entran en juego otros factores como se --

**CUADRO 4.**

**EFFECTO DE LA INCLUSION DE NIVELES CRECIENTES DE RASTROJO DE MAIZ EN LA DIETA DEL CERDO SOBRE EL CONSUMO DE ALIMENTO Y NUTRIMENTOS EN CUATRO DIAS DE EXPERIMENTACION**

CRITERIO	NIVEL DE INCLUSION DEL RASTROJO DE MAIZ						EHM <sup>a</sup>
	0	2	4	6	8	10	
ALIMENTO TOTAL, kg <sup>b</sup>	8.97	9.0	9.0	8.96	8.92	8.69	.14
FDN, kg <sup>cd</sup>	2.37	2.45	2.56	2.68	2.73	2.70	.04
NITROGENO, kg <sup>d</sup>	0.22	0.21	0.21	0.21	0.20	0.19	.003
ENERGIA BRUTA, Mcal <sup>b</sup>	34.46	34.70	34.60	34.57	34.33	33.50	.51

a = Error estándar de la media

b = Estadísticamente iguales (P > .25)

c = Fibra detergente neutra

d = Efecto lineal (P < .05)

discutirá adelante.

Las fracciones de la fibra tales como FDN, FDA y hemicelulosa también sufrieron detrimentos por el aumento en el nivel de RM dietario; Stanogias y Pearce (1985a) encontraron este tipo de respuesta al incrementar el nivel de FDN dietético utilizando diferentes fuentes de fibra; la digestibilidad de la hemicelulosa fue consistentemente más alta que la de FDN y FDA ~~que~~ concuerda con los resultados de Kass *et al* (1980a) y Keys y De Barthe (1974) ya que este compuesto sufre una digestión ácida a nivel estomacal.

En el caso de la celulosa el coeficiente de digestión no se vió afectado por los tratamientos, quizá debido a la alta variación individual que se presentó, suceso que también se presentó en el trabajo de Keys *et al* (1970); reflejando las limitantes del método de determinación de celulosa por diferencia.

Sin embargo, el contenido celular (fracciones solubles) si se vió influenciado negativamente por el nivel de RM dietético explicado por el fenómeno de digestión asociativa revisado por Frank (1982) en el que el aumento en la cantidad de fibra en la ración disminuye el aprovechamiento de los demás nutrientes.

El Cuadro 6 muestra los resultados del análisis de regresión tomando el nivel de RM como X y la digestibilidad aparente de las fracciones de fibra como variable dependiente (y). Se observa en todos los casos, a excepción de celulosa, una influencia negativa del RM sobre el aprovechamiento de las fracciones de fibra. Cuando la variable independiente fue el porcentaje de FDN en la ración se encontraron resultados similares a los descritos por Kass *et al* (1980a) que informa para cerdos de 48 kg valores de  $r^2$  de -.91, -.77, -.89 y -.66 para digestibilidad aparente (y) de MS, FDN, hemicelulosa y celulosa respectivamente usando % FDN en la dieta como X, aunque en este caso la relación FDN y celulosa fue negativa.

CUADRO 5.

EFFECTO DE LA INCLUSION DE NIVELES CRECIENTES DE RASTROJO DE MAIZ A LA DIETA - DEL CERDO SOBRE LA DIGESTIBILIDAD APARENTE <sup>a</sup>, DE LA MATERIA SECA Y SUS COMPONENTES <sup>d</sup>

VARIABLE	NIVEL DE RASTROJO DE MAIZ						EEM <sup>b</sup>
	0	2	4	6	8	10	
MATERIA SECA <sup>bc</sup>	91.1	89.7	88.6	89.2	84.8	84.2	0.3
FDN <sup>bc</sup>	84.4	80.8	78.0	77.1	72.1	71.4	1.4
NDA <sup>bcde</sup>	76.0	74.4	71.7	69.7	66.7	67.9	1.6
HEMICELULOSA <sup>bcf</sup>	87.8	83.7	81.2	81.2	75.3	73.7	1.4
CELULOSA <sup>f</sup>	24.0	14.8	26.7	45.2	32.0	25.5	7.3
CONTENIDO CELULAR <sup>bcf</sup>	93.5	93.1	92.8	94.3	90.3	89.4	0.7

a = Tres observaciones por celda

b = Error estándar de la media

c = Fibra detergente neutro

d = Efecto lineal (P < .05)

f = Calculado



CUADRO 6.  
 ORDENADA AL ORIGEN (A), PENDIENTE (B) Y COEFICIENTE DE CORRELACION (r<sup>2</sup>) DEL EFECTO DEL NIVEL DEL PASTROJO DE MAIZ % O FDN (x) EN LA DIETA SOBRE LA DIGESTIBILIDAD APARENTE % DE LA MATERIA SECA Y SUS COMPONENTES (y)

CRITERIO	PASTROJO DE MAIZ, %			FDN, %		
	A	B	r <sup>2</sup>	A	B	r <sup>2</sup>
MATERIA SECA	92.9	-0.724	-.71 <sup>a</sup>	125.7	-0.130	-.77 <sup>d</sup>
FDN	83.6	-1.314	-.96 <sup>d</sup>	151.3	-0.256	-.94 <sup>d</sup>
PDA	75.8	-0.937	-.92 <sup>d</sup>	25.7	-0.189	-.94 <sup>a</sup>
HEMICELULOSA	87.3	-1.167	-.94 <sup>d</sup>	156.3	-0.262	-.88 <sup>a</sup>
CELULOSA	22.5	1.100	.17	-55.1	0.268	.24
CONTENIDO CELULAR	94.2	-0.390 <sup>t</sup>	-.58 <sup>b</sup>	112.0	-0.068	-.45 <sup>b</sup>

a = Significativo (P < .01)

b = Significativo (P < .05)

Dado que las ecuaciones de regresión fueron significativas para las diferentes fracciones de fibra, su aplicación parece ser confiable para la obtención del valor de digestibilidad del rastrojo de maíz dentro de los rangos establecidos en este experimento, de esta manera se obtuvieron los valores de  $y$  para  $x \times 10$  y se aplicó la ecuación de Yen et al (1974), para conocer la digestibilidad aparente para el RM y los resultados se muestran en la última columna del Cuadro 7.

A manera de ejemplo el apéndice 1 muestra el procedimiento seguido para la obtención de estos valores.

El valor de digestibilidad aparente de la MS para el RM fue del 20% en su mayoría dado por la digestión de las fracciones solubles que representaron el 26% de la MS del RM y que tuvieron una digestibilidad del 51, lo que explicaría el 71% de la digestibilidad aparente del RM.

Sin embargo, los valores obtenidos para FDN, FDA y hemicelulosa fueron de digestibilidad negativas de tal manera que por cada gramo de hemicelulosa proveniente del RM se excretan en heces 1.48 g, esta situación sería imposible si el cerdo estuviese consumiendo exclusivamente RM, pero en este tipo de dietas la inclusión de un ingrediente fibroso disminuye la digestibilidad en forma desproporcionada a su nivel de presencia en la ración. Kennelly y Aherne (1980a) al incrementar de 19 a 29% el nivel de FDN en la ración usando cascavilla de avena como fuente de fibra, encontraron que por cada unidad porcentual de incremento en el % de FDN dietaria disminuía la digestibilidad de este nutrimento en un 2.5%; lo que significaría una digestibilidad de -142% si el animal consumiese 100% de FDN. Por otro lado Lindemann et al (1986) aplicando líneas de regresión encontró digestibilidades positivas para FDN, FDA y celulosa para las cascavillas de cacahuete.

Los valores de utilización de los nutrimentos del RM

obtenidos por diferencia se muestran en el Cuadro 7. En general se puede observar que el coeficiente de variación fue alto, para todos los casos, excediendo incluso el 100% (como en el caso de celulosa) por lo que si se tomase un nivel cualesquiera de inclusión de RM, podría llevar a conclusiones erróneas. Los valores de digestibilidad de FDN, FDA y hemicelulosa fueron negativos -- también en este método lo que subraya el factor de digestibilidad asociativa.

El efecto del RM sobre el destino de la energía (E) - se resume en el Cuadro 8. La E. urinaria se mantuvo constante en relación con la E. consumida o la E. digerida, por lo que parece ser que la disminución en la ED como efecto de la inclusión creciente de RM no alcanzó a afectar la excreción urinaria de E, lo que hace que la relación EM/ED se mantenga constante entre los distintos tratamientos y que la EM esté en función de la ED. Stagnias y Pearce (1985a) encontraron que la digestibilidad de la E y la relación EM/EB estaba en función de la cantidad de FDN presente en la dieta y de la fuente de fibra. Ravindran et al (1984) confirman que altos niveles de fibra disminuye la ED y EM de la dieta. Los valores de EM/ED son similares a los que encontró Pollman et al (1979) en cerdas gestantes consumiendo dietas fibrosas. En el Cuadro 9 se presentan los coeficientes de correlación y ecuaciones de regresión de la influencia del nivel de RM (x) sobre los valores de utilización de la energía.

Cabe destacar que existe una estrecha relación entre el RM dietario y la ED y EM de la ración. Mitaru et al (1984) encontraron una relación de  $-0.69$  ( $P < .01$ ) entre el nivel de FDN en la ración y la digestibilidad de la energía; este mismo efecto fue discutido por varios grupos de trabajo (Pond et al., 1986; Stanley y Ewan, 1982). Como ya se comentó E. urinaria fue independiente del RM dietario expresado en cualquiera de sus formas.

El Cuadro 10 presenta los valores de aprovechamiento de la EB del rastrojo de maíz obtenidos por diferencia o por --

CUADRO 7.  
DIGESTIBILIDAD APARENTE (%) DE LA MATERIA SECA Y SUS COMPONENTES  
TROJO DE MAIZ OBTENIDOS POR DIFERENCIA<sup>a</sup> Y AJUSTADOS POR REGRESION DEL RAS

CRITERIO	NIVEL DE INCLUSION DEL RASTROJO DE MAIZ, %					$\bar{x}^e$	C.V. <sup>b</sup> %	Y AJUST. <sup>f</sup>
	2	4	6	8	10			
MATERIA SECA	21.1	28.6	59.4	12.4	22.1	28.8	63	20.5
FDN <sup>c</sup>	-95.6	-75.6	-37.3	-69.4	-45.6	-64.7	36	-47.6
FDA <sup>d</sup>	4.0	-31.5	-29.0	-41.5	-5.0	-20.6	93	-18.0
HEMICELULOSA	-117.2	-33.3	-22.2	-68.5	-53.2	-58.9	63	-49.4
CELULOSA	-436.0	96.5	369.3	124.0	39.0	38.6	761	---
FRACC. SOLUBLES	73.5	76.0	106.8	53.5	52.5	72.5	30	55.0

a = Según recomendaciones de Yen et al (1974)

b = Coeficiente de variación  $(s/n-1/\bar{x}) \cdot 100$ , n = 5

c = Fibra detergente neutro

d = Fibra detergente ácido.

e = Media de 5 observaciones

f = Ajustados de acuerdo a las ecuaciones del Cuadro 6 y después de aplicar la ecuación de Yen et al (1974)

**CUADRO 8.**

**EFFECTO DE LA INCLUSION DE NIVELES CRECIENTES DE RASTROJO DE MAIZ A LA DIETA - DEL CERDO SOBRE EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA (E) DIETARIA**

CRITERIO	NIVEL DE INCLUSION DEL RASTROJO DE MAIZ						EEM <sup>a</sup>
	0	2	4	6	8	10	
E ORINA/E CONSUMIDA <sup>b</sup>	.087	.080	.077	.083	.057	.087	.013
E ORINA/E DIGERIDA <sup>b</sup>	.093	.090	.087	.093	.076	.103	.014
ED Mcal/kg <sup>c</sup>	3.465	3.423	3.357	3.411	3.221	3.197	.018
EM Mcal/kg <sup>c</sup>	3.142	3.104	3.055	3.090	2.987	2.868	.052
EM/ED <sup>b</sup>	.906	.910	.910	.913	.923	.897	.014

- a = Error estándar de la media
- b = Estadísticamente iguales (P > .25)
- c = Efecto lineal (P < .05)

50

CUADRO 9.  
ORDENADA AL ORIGEN (A), PENDIENTE (B) Y COEFICIENTE DE CORRELACION  $r^2$  DEL --  
EFECTO DEL NIVEL DE INCLUSION DEL RASTROJO DE MAIZ (x) SOBRE LOS VALORES UTILI-  
ZACION DE E y N (y)

C R I T E R I O	R A S I R O J O    D E    M A I Z		
	A	B	$r^2$
E ORINA/E CONSUMIDA	.083	-.001	-.10
E ORINA/E DIGERIDA	.089	-.000	-.01
ED, Mcal/kg	3.480	-.027	-.83 <sup>a</sup>
EM, Mcal/kg	3.161	-.024	-.81 <sup>a</sup>
EM/ED	.91	.000	.00
N DIGESTIBLE, %	85.31	0.80	-.66 <sup>a</sup>
N RETENIDO <sup>b</sup>	55.6	-1.20	-.64 <sup>a</sup>
N RETENIDO <sup>c</sup>	66.6	-1.00	-.52

a = Significativo (P < .05)

b = % de N ingerido

c = % de N digerido

**CUADRO 10.**  
**VALORES DE APROVECHAMIENTO DE LA E Y EL N DEL RASTROJO DE MAIZ OBTENIDOS POR DIFERENCIA<sup>a</sup> Y AJUSTADOS POR REGRESION**

C R I T E R I O	NIVEL DE INCLUSION DEL RASTROJO DE MAIZ, %					$\bar{x}$	C.V. <sup>b</sup> %	Y AJUST <sup>e</sup>
	2	4	7	8	10			
ED, Mcal/kg	1.365	.765	2.565	.415	.785	.979	48	.778
EM, Mcal/kg	1.242	.967	2.275	1.205	.402	1.281	53	.753
EM/ED	1.106	1.006	1.022	1.119	.816	1.014	12	----
N RETENIDO <sup>c</sup>	43.8	56.2	214.7	-56.2	-73.2	43.9	25.5	5.6
N RETENIDO <sup>d</sup>	109.7	-40.3	101.3	1.0	-45.3	25.3	29.8	-64.0

a = Según recomendaciones de Yen et al (1974)

b = Coeficiente de variación  $(\text{sn}-17\bar{x})/100$

c = % de N consumido

d = % de N digerido

e = Ajustados de acuerdo a las ecuaciones del Cuadro 9 y después de aplicar la ecuación de Yen et al (1974)

regresión (y). El uso de ecuaciones de regresión múltiple para la obtención de los valores de EM ha sido usado por Fernández et al (1986) encontrando buenos resultados, sin embargo usa el valor de fibra cruda que ha sido ampliamente refutado para su uso en ecuaciones de predicción (Kennely y Aherne, 1980b).

El valor de ED del RM obtenido por regresión es menor al que informan Fernández et al (1986) para el ensilaje de maíz (2.1 Mcal/kg) y el que obtuvo Lindenman (1986) también por regresión para la cáscara de cacahuete (1.4 Mcal/kg).

La energía metabolizable obtenida por regresión representó el 95% de la ED obtenida de la misma manera, lo que no sucede cuando se usó la ecuación de Yen, ya que de esta manera la relación EM/ED fue de 1.014. Los datos presentados por Stanogias y Pearce (1985a) manejados de la misma manera obtuvieron valores de EM/ED de 1.006 y 1.007 para cascarilla de avena y para cascarilla de lupino (*lupinus sp.*), lo que indicaría que el aumento en el nivel de fibra dietaria afecta la digestibilidad de la E de los demás componentes de la ración pero no su aprovechamiento metabólico.

El efecto de la inclusión de niveles progresivos de RM a la dieta sobre la utilización del N, se muestra en el Cuadro 11 la digestibilidad del N no disminuyó conforme se incrementó el nivel de fibra en la ración, resultado que contrasta con lo obtenido por Eggum et al (1982) y Kass et al (1980a). Sin embargo, Ravindran et al (1984) a pesar de encontrar una disminución de la digestibilidad de la MS no la encontraron en N digestible; Kennely y Aherne (1980b) usando dietas isonitrogenadas e isoenergéticas no encontraron una disminución de la digestibilidad de la proteína como consecuencia del aumento en la cantidad de fibra dietaria como consecuencia de la incorporación de un 22% de cascarilla de avena; sin embargo cuando diluyeron la dieta sin cuidar los niveles de N y E sí se observó el efecto.

El N retenido como % del N consumido tampoco fue



CUADRO 11.

EPECTO DE LA INCLUSION DE NIVELES CRECIENTES DE RASTROJO DE MAIZ A LA DIETA DEL CERDO SOBRE LA UTILIZACION DEL N DE LA DIETA

C R I T E R I O	NIVEL DE RASTROJO DE MAIZ						ERM <sup>a</sup>
	0	2	4	6	8	10	
N DIGESTIBLE, % <sup>b</sup>	82.9	81.7	81.6	81.9	74.0	76.3	2.4
N RETENIDO, % DE N INGERIDO <sup>b</sup>	53.8	53.6	49.4	54.9	45.0	41.1	4.8
N RETENIDO, % DE N DIGERIDO <sup>b</sup>	64.7	65.6	60.5	66.9	59.6	53.7	4.8

a = Error estándar de la media

b = Estadísticamente iguales (P<.05)

afectado por la inclusión de RM en la ración, resultado que concuerda con lo señalado por Eggum et al (1982) y Partidge et al -- (1982) que menciona una reducción del N urinario como consecuencia del aumento en FDR en la ración; mientras que el N retenido - como % del N digerido tampoco se vio afectado por el RM, resultado parecido al que encontraron Ravindran et al (1984).

El coeficiente de correlación entre RM y la digestibilidad del N (Cuadro 9) es negativo y significativo, así como para el N retenido/N consumido, sin embargo el N retenido/N digerido - no tuvo una correlación significativa. Asimismo, se encontró que el N digerido estuvo estrechamente relacionado con la MS digerida ( $r^2 = .86, P < .05$ ) lo que concuerda con lo reseñado por Keys et al - (1970).

El Cuadro 10 muestra los valores de aprovechamiento - del nitrógeno del RM obtenidos por diferencia o por regresión.

La digestibilidad del N obtenida por regresión es significativamente más baja que la obtenida por diferencia que a su vez es igual a la digestibilidad de la MS obtenida por este mismo método (310 vs 288 g/kg); mientras que la retención de N/N consumido presentó un valor negativo lo que con los datos presentes no tiene una explicación adecuada. Los valores obtenidos por diferencia siguen presentando el problema de un alto coeficiente de - variación lo que los hace poco confiables.

## CONCLUSIONES

1. La inclusión del rastrojo de maíz en la dieta disminuye su valor nutricional por:

- a). Una menor digestibilidad de la EB, el N y la E -- del rastrojo de maíz con respecto a la dieta testigo.
- b). Una disminución en el aprovechamiento de los demás componentes del alimento.

2. La determinación del valor nutricional del rastrojo de maíz no se puede realizar por simple diferencia dada la alta variación presentada entre niveles por lo que de acuerdo a los resultados obtenidos parece adecuado utilizar valores ajustados - por regresión, aunque en este caso solo son válidos cuando se use el RM del 2 al 10% de la ración.

## Experimento 2.

El Cuadro 12 resume los resultados de la prueba de comportamiento. El peso inicial fué similar para todos los tratamientos ( $P > .25$ ), sin embargo su variación fue alta dentro de tratamientos por lo que este criterio se usó como covariable para analizar los efectos.

El consumo de alimento se mejoró con la adición de monensina sódica ( $P < .05$ ) sin embargo esto no se reflejó en una mejor ganancia de peso, manteniéndose la eficiencia alimenticia.

El cobre no presentó efecto alguno sobre las variables estudiadas, así como la interacción.

En dietas con alto contenido de FDR el volumen suele ser alto por lo que puede ser también una importante limitante del consumo, contrarrestando el posible efecto de la dilución energética, por lo que la fuente de fibra es muy importante.

En todo caso los valores encontrados para consumo diario de las dietas con 15% de RH estuvieron por debajo de lo señalado por Baird *et al* (1975), debido al sistema de alimentación empleado, el cual los limitó por tiempo.

No hubo influencia de la adición de Cu a la dieta sobre el consumo de alimento lo que concuerda con lo observado por Gipp *et al* (1973) que trabajaron con animales en crecimiento-finalización con dietas con base en maíz-soya; García y Cuarón (1986) tampoco encontraron efecto en raciones sorgo-soya, y con dietas alfalfa-sorgo Mayen y Cuarón (1985) no indican efecto alguno.

Sin embargo la adición de monensina sódica sí produjo un aumento en el consumo de alimento y de EB. En cerdos no existen antecedentes a este respecto en animales en crecimiento-finalización.

En el caso de novillos los consumos en general tienden a mantenerse con la inclusión de monensina sódica en la dieta (Thompson y Riley, 1980; Daugherty et al., 1986) o bien disminuye (De Burrin et al. (1988), aunque debe admitirse que aunque los niveles de inclusión del ionóforo son similares a los usados en este trabajo, los mecanismos de regulación del consumo de alimento de rumiantes y cerdos son diferentes.

Cuando se revisa su efecto en aves en donde se usa - por su efecto anticoccidico se ha encontrado un efecto anoréxico de la droga (Welch et al., 1986), aunque está relacionado con el nivel energético, proteico y la fuente de proteína (Welch et al., 1988; Bartov, 1987).

En el caso de este trabajo al encontrarse restringido el consumo -por tiempo- los cerdos, la ingestión de energía fue - baja (6.11 Mcal/EB/día/cerdo) por lo que esta no jugó un papel determinante en la regulación del consumo voluntario y el volumen - de la ingesta fué el factor más importante por lo que el aumento - en la digestibilidad de la MS por acción de la monensina (Experimento 3) propició un incremento en el consumo de alimento.

La ganancia de peso no fue afectada por ninguna de - las variables independientes. Gipp et al. (1973) encontraron que la adición de 250 ppm de Cu a dietas maíz-soya produjo una disminución en la ganancia diaria de peso durante la fase de crecimiento, mientras que en un estudio cooperativo en diez universidades - estadounidenses (NRC, 1974) los resultados de ganancia diaria fue - ron muy diversos ya que la adición de  $CuSO_4$  produjo incremento en la ganancia diaria de peso, en cinco estaciones, en dos de ellas - una disminución y en una no se encontró efecto, concluyendo que - existe una fuerte interacción localidad x cobre. Mayén y Cuarón - (1985) encontraron que añadiendo 250 ppm de Cu a dietas con 20% - de alfalfa achicalada, se incrementaba la ganancia diaria de peso en un 20% en cerdos en finalización. Aherne (1986) indica que - la respuesta a cobre disminuye conforme avanza el tiempo en que -

el cerdo se encuentra bajo este tratamiento y por el tiempo que duró este trabajo (70 días) pudo haber ocurrido una situación parecida. La monensina sódica tampoco afectó la ganancia diaria de peso.

Holzgraefe et al (1982) trabajando con lasalocida (un ionóforo de acción similar a la monensina) reporta que cerdos en crecimiento-finalización obtuvieron una respuesta positiva en ganancia diaria; Haydon y Hale (1988) también con lasalocida encontraron que el uso del ionóforo no cambiaba, la ganancia de peso durante la gestación en cerdas.

La eficiencia alimenticia no fue alterada por ninguno de los tratamientos o la interacción en este trabajo. Cuando se han incluido ingredientes fibrosos a la dieta del cerdo generalmente se encuentra una disminución fuerte de la eficiencia alimenticia a excepción de dietas en donde se cuida de mantener constantes los niveles de energía y proteína, aumentando la proporción de aceites y pastas de oleaginosas (Kennelly y Aborno, 1980a).

En el caso específico de los resultados encontrados aquí, cabe decir, que la eficiencia alimenticia fué mayor a la que señalan Pond et al (1986) que trabajaron con dietas que incluían 80% de alfalfa, por lo que al parecer las raciones incluidas aquí no representaron una restricción tan severa para el cerdo; aunque se presentan menores a los reportados por Moore et al. (1988) que trabajaron con dietas con menores niveles de FDN.

En el caso del efecto de cobre existe una gran variación como respuesta a la inclusión de este elemento en la dieta de los cerdos. El NRC (1974) encontró una fuerte interacción entre Cu y localidad, dependiendo la respuesta en gran medida de las condiciones higiénicas en que se encontraban. García-Rojas y Cuarón (1986) no encontraron efecto del cobre sobre la eficiencia alimenticia en cerdos en crecimiento-finalización, Mayen y Cuarón (1985) al trabajar con cerdos con altos niveles de alfalfa complementados con 250 ppm de Cu en crecimiento-finalización no

CUADRO 12. EFECTO DE LA ADICION DE Cu (250 ppm) O MONENSINA SODICA (20 ppm) A DIETAS FIBROSAS SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DEL CERDO.

Cu, ppm Monensina, ppm	INTERACCION				EFECTOS						
	0		250		EEM <sup>a</sup>	Nivel Cu, ppm			Nivel monensina, ppm		
	0	20	0	20		250	0	EEM <sup>a</sup>	20	0	EEM <sup>a</sup>
Peso inicial, kg	42.2	40.6	43.5	42.1	1.4	41.3	42.9	1.0	41.4	42.8	1.0
Consumo alimento, kg/día <sup>bc</sup>	1.54	1.54	1.75	1.57	0.04	1.60	1.65	0.03	1.71	1.54	0.03
Consumo EB, Mcal/día <sup>c</sup>	5.70	5.86	6.48	6.33	0.13	6.09	6.09	0.09	6.41	5.78	0.09
Ganancia de peso, kg/día <sup>c</sup>	0.42	0.46	0.48	0.46	0.06	0.46	0.45	0.05	0.47	0.44	0.05
Ganancia/consumo <sup>c</sup>	0.27	0.30	0.28	0.28	0.01	0.29	0.28	0.01	0.28	0.29	0.01
Eficiencia energética <sup>cd</sup>	73.2	79.6	72.9	73.7	1.8	76.3	73.4	1.3	73.7	76.0	1.33

<sup>a</sup>Error estándar de la media

<sup>b</sup>Efecto de monensina (P < 0.05)

<sup>c</sup>Medias ajustadas a peso inicial (x- $\bar{x}$ )

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

encontraron respuesta en eficiencia alimenticia.

De la monensina sódica no se cuenta con antecedentes en cerdos en crecimiento-finalización; con lasolacida en dietas con alto contenido de alfalfa Boeltgraefe et al (1982) encontró una mejora en la eficiencia alimenticia, independientemente del nivel de alfalfa empleado. Ahora si bien los dos ionóforos (monensina y lasolacida) trabajan en forma similar en ruminantes -- (Sprott et al., 1988) realmente no se tiene la seguridad de que actúen en la misma forma en cerdos.

En todo caso, el mayor consumo de los cerdos que consumieron dietas adicionadas con monensina en este trabajo, no se tradujo en una disminución de la eficiencia alimenticia.

Existe un antecedente de trabajo que observó la interacción (u x monensina en pollos (Izquierdo et al., 1987) sin embargo no reporta efecto de ella sobre ganancia diaria de peso o consumo de alimento.



## CONCLUSIONES

El uso del sulfato de cobre y la monensina sódica en dietas con alto contenido de RM no tiene influencia sobre la productividad de los cerdos bajo las condiciones en que se llevó a cabo este estudio, dado que aunque la monensina produjo un aumento en el consumo de alimento este no se reflejó en una mejor ganancia de peso.

### Experimento 3

Los resultados de la inclusión de  $\text{CuSO}_4$  y/o monensina sódica en dietas para cerdos sobre los valores de digestibilidad de la MS y sus componentes se encuentran resumidos en el Cuadro 13. En donde se observa que la digestibilidad de la MS, FDN, FDA y hemicelulosa fué mejorada por el uso de monensina sódica no así la digestibilidad aparente de celulosa.

El contenido celular no se vió afectado en su aprovechamiento por ninguno de los dos aditivos.

La digestibilidad de la MS muestra un valor cercano a lo informado por Moore et al (1988) para dietas con 15% de cascarrilla de avena o de soya. La adición de monensina sódica tuvo efectos benéficos sobre la digestibilidad de la MS explicado por un aumento en la degradación de la FDN, FDA y hemicelulosa. Este efecto no fue encontrado por Holzgraefe et al (1955b) al utilizar lasalocida en cerdas gestantes consumiendo dietas con 40% de paredes celulares, encontrando digestibilidad menores a las observadas en este estudio para el caso de FDN y FDA. Estas diferencias quizá se deban a que utilizó dietas con mayor contenido de FDN y forraje; lo que exacerbó los efectos de digestibilidad asociativa o bien que el tipo de fibra es diferente.

En el caso de celulosa, el cobre sin monensina sódica mejoró su digestibilidad en un 50% aunque con la información disponible no pueda ser explicado, se debe recordar que el tipo de determinación de la celulosa (por diferencia) puede dar lugar a una subestimación de la celulosa fecal.

El contenido celular no sufrió cambio por lo que parece ser que la acción de ambos aditivos se centre sobre las paredes celulares.

El Cuadro 14 resume los resultados del efecto del ---

CUADRO 13. EFECTO DE LA ADICION DE CU (250ppm), MONENSINA SODICA (20ppm) Y SU INTERACCION A DIETAS FIBROSAS SOBRE LA DIGESTIBILIDAD APARENTE (%) DE LA MATERIA SECA Y - SUS COMPONENTES.

NIVEL DE ADITIVO	E F E C T O S											
	INTERACCION					Cu, ppm			Monensina			
	Cu, ppm	0	250	0	250	EEM <sup>d</sup>	250	0	EEM <sup>d</sup>	20	0	EEM <sup>d</sup>
Monensina, ppm	0	0	20	20								
Materia seca <sup>b</sup>		80.3	82.9	83.5	83.4	0.5	83.2	81.9	0.4	83.5	81.6	0.4
F D N <sup>bc</sup>		67.8	70.2	78.0	72.2	1.6	71.2	72.9	1.2	75.1	69.0	1.2
F D A <sup>bd</sup>		55.9	64.1	72.8	72.7	3.0	68.4	64.4	2.1	72.8	60.0	2.1
Hemicelulosa <sup>b</sup>		-1.1	13.0	56.5	53.3	2.4	33.2	27.7	1.7	54.9	6.0	1.7
Celulosa <sup>ef</sup>		47.1 <sup>b</sup>	76.5 <sup>d</sup>	48.2 <sup>b</sup>	50.9 <sup>b</sup>	1.8	63.7	47.7	1.2	61.8	49.6	1.2
Contenido celular <sup>g</sup>		87.2	86.5	87.3	89.0	0.8	89.3	87.3	0.5	88.2	88.4	0.5

<sup>a</sup>Error estándar de la media

<sup>b</sup>Efecto de monensina (P < .05)

<sup>c</sup>Fibra detergente neutra

<sup>d</sup>Fibra detergente ácida

<sup>e</sup>Efecto de cobre (P < .05)

<sup>f</sup>Efecto de la interacción (P < .05), medias con distinta literal difieren (P < .05)

<sup>g</sup>MS - FDN

CUADRO 14. EFECTO DE LA ADICION DE DL 1250ppm, MONENSINA SODICA (20ppm) Y SU INTERACCION A DIETAS FIBROSAS SOBRE EL APROVECHAMIENTO DE LA E Y EL N.

Cu, ppm Monensina, ppm	E F E C T O S										
	INTERACCION				Cu, ppm			Monensina, ppm			
	E <sup>a</sup>	250 0	0 20	250 20	EEM <sup>b</sup>	250	0	EEM <sup>b</sup>	20	0	EEM <sup>b</sup>
ED, Mcal/kg <sup>EC</sup>	2.93 <sup>a</sup>	3.14 <sup>b</sup>	3.26 <sup>b</sup>	3.14 <sup>a</sup>	.02	3.14	3.10	.02	3.20	3.04	.02
EM, Mcal/kg	2.46	2.60	2.62	2.57	.06	2.62	2.54	.04	2.59	2.56	.04
EM/ED	0.84	0.85	0.81	0.91	.02	0.82	0.83	.01	0.80	0.85	.01
N digestible <sup>c</sup>	68.1	69.7	74.8	74.7	1.2	71.9	71.7	1.3	74.4	69.1	1.3
N retenido <sup>d</sup>	33.5	35.0	44.3	33.3	5.2	36.2	38.9	3.7	38.6	36.3	3.7

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

<sup>b</sup> N retenido/N ingerido.

<sup>c</sup> Efecto de monensina, P < .05.

<sup>d</sup> Efecto de la interacción, medias que difieren al menos en este renglón difieren (P < .01).

cobre y/o la monensina sobre el aprovechamiento de la E y el N.

Se puede observar que la adición de Cu y monensina a la ración mejoraron su ED, aunque no la EM. La relación EM/ED no fue afectada por los tratamientos así como los valores de utilización del nitrógeno.

Los valores de ED encontrados aquí son similares a los señalados por Moore et al (1988) para cerdos en crecimiento-finalización consumiendo dietas con 15% de cascarrilla de avena o de soya. El uso de cobre y/o monensina aumentó la ED de la dieta en un promedio de un 9%, como reflejo de la mejor digestibilidad de la materia seca y sus componentes (Cuadro 13), sin embargo este efecto no llevó a un mejor valor de EM de la ración, que era lo esperado para este trabajo dado que la lasalocida condujo a una mejor eficiencia alimenticia en cerdos (Holzgraefe et al., 1985a).

La digestibilidad y retención del N no fué afectada por ninguno de los tratamientos lo que concuerda con los resultados de Holzgraefe (1985b).

## CONCLUSIONES

El valor nutricional de dietas con alto contenido de rastrojo de maíz no fue mejorado por el uso de la monensina sódica ya que aunque propició una mejor digestibilidad de la materia seca y la fibra y un mayor valor de FD no se reflejó en un mayor valor de EM.

El cobre no tuvo efecto sobre el aprovechamiento de la dieta.

Ninguno de los aditivos utilizados tuvo influencia sobre el metabolismo nitrogenado.

## CONCLUSIONES GENERALES

1. La inclusión del rastrojo de maíz en la dieta del cerdo disminuye el valor nutricional de la dieta por su menor digestibilidad con respecto a raciones elaboradas con base en sorgo-soya (Experimento 1).

2. Se determinó el valor nutricional del rastrojo de maíz para cerdos en crecimiento-finalización, observando un fuerte efecto de digestibilidad asociativa (Experimento 1).

3. El uso de la monensina sódica y/o el sulfato de cobre no mejoraron la respuesta productiva de cerdos en crecimiento-finalización que consumieron dietas con 15% de rastrojo de maíz (Experimento 2).

4. La monensina sódica mejoró la digestibilidad de dietas con 15% de rastrojo de maíz pero no aumentó su contenido en EM (Experimento 3).

5. Sulfato de cobre no tuvo influencia en el valor nutricional de dietas con 15% de RM en cerdos de 50 kg de peso (Experimento 3).

En base a lo anterior se requieren posteriores estudios para determinar niveles de inclusión de monensina sódica en raciones con alto contenido de fibra y en cerdos consumiendo a libertad.

## LITERATURA CITADA

- AHERNE, F.X., 1986. Aditivos para promoción del crecimiento en cerdos. Memorias II Simposium Internacional Avances en la Nutrición del Cerdo AMERA-AMVEC. México, D.F. pp.117-140.
- ANDERSON, V. y McLean, R., 1974. Design of Experiments. Ed. Marcel Dekker. U.S.A. pp. 28-33.
- ANGELES, A., Loeza R., Cisneros, G.J. y Cuarón I., 1985. Respuesta a un sistema de alimentación para cerdas gestantes, basado en ensilajes de sorgo más un concentrado proteico empleando melaza como vehiculo. Memorias de la Reunión de Investigación Pecuaria en México, Nov., México, D.F. pp.164.
- ANGELES, I. y Cuarón, J.A., 1986. Premezclas ricas en Cu para promover el crecimiento, efecto de la corrección con Fe. Memorias XXI Reunión Nacional de AMVEC, Puebla, Iltaxcala, Iltax. pp. 39-41.
- ANGELES, I. y Cuarón I.J., 1987. Aditivos para inhibir la actividad ureásica ante el uso de soya cruda en la alimentación de cerdos. Memorias Reunión de Investigación Pecuaria en México, México, D.F. pp. 327.
- ARMSTRONG y Blaxter, 1957. in Cuarón, I.J. Interacciones nutrición-medio ambiente; consideraciones para la formulación de programas de alimentación para cerdos en los trópicos. Memoria del III Simposium sobre Ganadería Tropical. Noviembre, 1984. Veracruz, Ver. pp. 26.
- BAIRO, D.M., McCampbell, H.C. y Allison, J.R., 1975. Effect of levels of crude fiber, protein and bulk in diets for finishing hogs. J. Anim. Sci. 41:1039.



- BARBER, R.S., Braude, R. y Mitchell, K.G., 1981. Copper supplement. *Anim. Prod.* 33:81.
- BARTOV, I. 1987. Effect of dietary fat and protein levels on monensin toxicity in broiler chicks. *Poult. Sci.* 66:1385.
- BATTERHAM, E.S., Lewis, C.E., Lowe, R.F. y McMillan, C.J., 1980.- Digestible energy content of cereals and wheat by-products for growing pigs. *Anim. Prod.* 31:259.
- BERGNER, U., Bergner, H. y Simon, O., 1984. Untersuchungen zu endogenen N-Umsatzprozessen and N-merkierten Schweinm. *Ach. Tierernahr.* 34:505.
- CALVERT, C.C., 1983. Utilization of fiber by gestating sows. *Nutr. Abs. Rev.* 53:3779.
- CANACINTRA, 1982. La industria alimenticia animal en México en cifras. Informe.
- CARHONA, C. y Brambila, S., 1967. Determinación del consumo voluntario de ensilaje de sorgo en cerdos alimentados con cantidades restringidas de una ración balanceada. *Tec. - Pec. Mex.* 12:37.
- CHIL, L., Aguilar A. y Castellanos A., 1982. Utilización digestiva de la alfalfa por el cerdo pelón mexicano. *Memorias de la Reunión de Investigación Pecuaria en México, Noviembre, México, D.f.* pp. 269-272.
- CERVANTES, M. y Cuca, H., 1987. Efecto del  $CuSO_4$  y el olaquinox sobre el comportamiento productivo de cerdos, algunos metabolitos y microorganismos en contenido intestinal. *Memorias III Congreso Nacional de la Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal Cocoyoc, Morelos, México.* pp. 190-196.

- CILLINGS, C.F., Erickson, J.P., Yokoyama, M.T., Miller E.R. y Magee, W.T., 1977. The effect of standard wheat middlings on fiber component digestibility and metabolites. J. Anim. Sci. 45:82 (Supl. 1).
- CISNEROS, G.F., Mayen, M.D. y Cuarón, I.J., 1985. Consideraciones en la evaluación de ingredientes fibrosos en la dieta del cerdo. Memorias Reunión de Investigación Pecuaria en México, México, D.F. pp.163.
- COFFEY, M.T., Seerley, R.W., Funderburke, D.W. y Campbell, H.C., 1982. Effect of least increment and level of dietary energy and environmental temperature on the performance of growing-finishing swine. J. Anim. Sci. 54:95.
- CONN, E. y Stumpf, P.F., 1976. Bioquímica fundamental. 1a. ed. Limusa. pp. 67-70.
- CRANWELL, P.D., 1968. Microbial fermentation in the alimentary tract of the pig. Nutr. Abstr. Rev. 38:721.
- CROMWELL, G.L., Hays, V.W. y Clark, L.L., 1978. Effects of copper sulfate, copper sulfide and sodium sulfide on performance and copper stores of pigs. J. Anim. Sci. 46:692.
- CUARON, J.A., Robles, A. y Shimada, A.S., 1979. Empleo de la alfalfa (*Medicago sativa*) deshidratada en la alimentación de cerdas gestantes. Téc. Pec. Méx. 37:7.
- CUARON, J.A., Gómez, V.C., Robles, A. y Shimada A., 1980. Valor del ensilaje de maíz en la alimentación de cerdas gestantes. Téc. Pec. Méx. 39:13.
- CUARON, I.J., 1986. Influencia de niveles altos de melaza sobre el efecto promotor del crecimiento por el cobre. Reunión de Investigación Pecuaria en México, México, D.F. pp.129.

- DAUGHERTY, H.S., Galyean, H.L., Hallford, D.H. y Hageman, J.H., - 1986. Vitamin B12 and monensine effects on liver and serum B12 concentrations and activity of propionate metabolizing hepatic enzymes in feedlot lambs. J. Anim. Sci. 62:452.**
- DE GOEY, L.W. y Ewan, R.C., 1975a. Effect of level of intake and diet dilution on energy metabolism in the young pig. J. Anim. Sci. 40:1045.**
- DE GOEY, L.W. y Ewan, R.C., 1975b. Energy values of corn and oats for young swine. J. Anim. Sci. 40:1052.**
- DE Lima, R., Stahly, T.S. y Cronwell, C.L., 1981. Effects of copper with and without ferrous sulfide and antibiotics on the performance of pigs. J. Anim. Sci. 52:241.**
- DEN HARTOG, L.A., Verstegen, M.W.A., Boer, H. y Linders, P. B. J., 1987. The length of the collection period in digestibility studies with pig. J. Anim. Sci. 65 (Supl. 1):311 Abstr.**
- DIGGS, R.G., Becker, O.E., Jensen, A.H., y Norton, H.W., 1965. Energy value of various feeds for the young pig. J. Anim. Sci. 24:555.**
- DREWRY, K.J., 1981. Postweaning performance of crossbred pigs fed normal and high fiber diets. J. Anim. Sci. 52:197.**
- DEBURRIN, Stock, R.A. y Britton, R.A., 1988. Monensin level during grain adaptation and finishing performance in cattle. J. Anim. Sci. 66:513.**
- EGGUM, B.O., Therberg, G., Boimes, R.M., Chwalbog, A. y Henckel, 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.**

- EHLE, F.R., Jeraci, J.L., Robertson, J.B. y Van Soest, P.J. 1982. The influence of dietary fiber on digestibility, rate of passage and gastrointestinal fermentation in pigs. *J. Anim. Sci.* 55:1071.
- FAO, 1983. Production Year Book. Roma, Italia.
- FERNANDEZ, J.A., Jorgensen, H. y Just, A., 1986. Comparative digestibility experiments with growing pigs and adults sows. *Anim. Prod.* 43:127.
- FIORAMONTI, J. y Buena l., 1980. Water activity in the large intestine of the pig related to dietary fibre and retention time. *Br. J. Nutr.* 43:155.
- FRANK, G., 1982. Fibre and Nutrient Utilization PhD. Thesis Univ. of Illinois Urbana-Champaign III, U.S.A.
- GARCIA-ROJAS, M.P. y Cuaron, I. J. (1984). Premezclas ricas en cobre para promover el crecimiento en cerdos. I. Corrección de los niveles de hierro y zinc. *Memorias de la Reunión de Investigación Pecuaria en México, México, D.F.* pp.127.
- GARGALLO, J. y Zimmerman, D.R., 1980. Effects of dietary cellulose and neomycin on function of the cecum in pigs. *J. Anim. Sci.* 51:121.
- GARGALLO, J. y Zimmerman, D.R., 1981. Effects of dietary cellulose levels on intact and cecal-fortified pigs. *J. Anim. Sci.* 53: 395.
- GIPP, W.L., Pond, W.G. y Walker, F.L., Jr., 1973. Influence of diet composition and mode of copper administration on the response of growing-finishing swine to supplemental copper. *J. Anim. Sci.* 3691.

- GONZALEZ, P.F.J., 1986. Situación Actual y perspectivas de la -  
porcicultura. Porcitrama. Vol. 11 No. 124:6.
- GRABOUSKI, P.H. y Danielson, D.H., 1978. Alfalfa in swine finishing  
diets: feed lot performance. J. Anim. Sci. 47 (Supl. 1):  
302 abstr.
- GUERRERO, A.F., Cuarón, J.A. y Honroy, A.V., 1985. Disponibilidad  
del cobre ante el reciclaje de excretas porcinas en ratos  
y borregos. Reunión de Investigación Pecuaria en México  
México, D.F. pp.145.
- HAYDON, K.D., Knabe, D.A. y Tanksley, T.D., Jr., 1984. Effect of  
level of feed intake on nitrogen, aminoacid and energy  
digestibilities measured at the end of the small intestine  
and over the total digestive and over the total growing  
pigs. J. Anim. Sci. 59:717
- HAYDON, K.D. y Hale, O.M., 1988. Effect of lasalocid on reproductive  
performance and subsequent lactation in the sow. J. Anim.  
Sci. 66:1877.
- HOLZGRAEFE, D.P., G.C. Fabey, Jr. y Jensen, A.H., 1985a. Influence  
of dietary alfalfa:orchardgrass hay and lasalocid on in  
vitro estimates of dry matter digestibility and volatile  
fatty acid concentrations of cecal contents and rate of  
digesta passage in sows. J. Anim. Sci. 60:1235.
- HOLZGRAEFE, D.P., Fabey, G.C. Jensen A.H. y Breger, L.L., 1985b.  
Effects of dietary alfalfa: orchard grass hay and lasalocid  
on nutrient utilization by gravid sows. J. of Anim. Sci.  
60:1247
- HOLZGRAEFE, D.P., Tracy, J.D. y 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.

- HORTON, G.H.J., 1980. A note on the effect of monensin and ampicloral in steer diets. *Anim. Prod.* 30:441.
- IMOTO, S. y Namioka, S., 1978. VFA. Production in the pig large intestine. *J. Anim. Sci.* 47:467.
- IMOTO, S. y Namioka, S., 1983a. Acetate-glucose relationship in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 56:4
- IMOTO, S. y Namioka, S., 1983b. Nutritive value of acetate in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 56:858.
- IZQUIERRO, O.A. y Baker, D.H., 1986. Bioavailability of copper in pig feces. *Can.J. Anim. Sci.* 66:1145.
- IZQUIERRO, O.A., Parsons, C.H. y Baker, D.H., 1987. Interactive effects of monensine, roxarsone and copper in young chickens infected with *Eimeria Tenella* or a combination of *E. Tenella* and *E. Acervulina*. *Poult. Sci.* 66:1934.
- KASS, H.L., Van Soest, P.J., Pond, W.G., Lewis, B. y McDowell, R. E., 1980a. Utilization of dietary fiber from alfalfa by growing swine. I. Apparent digestibility of diet components in specific segments of the gastrointestinal tract. *J. Anim. Sci.* 50:175.
- KASS, H.L., Van Soest, P.J. y Pond, W.G., 1980b. 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.
- KENNELLY, J.J. y Aherne, F.X., 1980b. The effect of fiber in diets formulated to contain different levels of energy and protein on digestibility coefficients in swine. *Can*

J. Anim. Sci. 60:717.

KENNELLY, J.J. y F.X. Aherne, 1980a. The effect of fiber addition to diets formulated to contain different levels of energy and protein on growth and carcass quality of swine. Can J. Anim. Sci. 60:385.

KENNELLY, J.J., Aherne, F.X. y Sauer, W.C., 1981. Volatile fatty acid production in the hindgut of swine. Can J. Anim. Sci. 61:349.

KEYS, J.E., Jr., Van Soest, P.J. y Young, E.P., 1970. Effect of increasing dietary cell wall content on the digestibility of hemicellulose and cellulose in swine and rats. J. Anim. Sci. 31:1172.

KEYS, J.E. y De Barthe, V. 1974. Cellulose and hemicellulose digestibility in the stomach, small intestine and large intestine of swine. J. Anim. Sci. 39:53.

LIEBERT, F. y Gebhardt, G. 1986. Untersuchungen zum einfluss von zellulose und unterschiedlichen stärkearten in futter auf parameter des stickstoffumsatzes beim nachlassenden schwein. Arch. Tierernähr. 36:35.

LINDEMANN, M.D., Kornegay, E.R. y Moore, R.J., 1986. Digestibility and feeding value of peanut hulls for swine. J. Anim. Sci. 62:412.

LOW, A.G., 1985. Role of dietary fiber in pig diets. en. Recent Advances in Animal Nutrition-1985. 1a. Ed. Butter worths pp. 87-112.

MAYEN, D., Cuarón, J.A., 1985. Fibra y cobre para cerdos en finalización. Memorias de la Reunión de Investigación Pecuaria en México, México, D.F. pp.160.

- MAYNARD, L.A., Luostis, R.J., Hertz, H.F. y Warner, D.G., 1979. *Nutrición Animal*, 7a. Ed. McGraw-Hill, México, pp.93-94.
- Mc DONALD, P., Edwards, R.A. y Greenhalgh, J.F., 1978. *Animal Nutrition*, 7a. Ed. Chapman, M.F., pp. 110-113.
- MILLARD, P. y Chesson A., 1968. Ruminantion to waste (*Brassic napus* L.) anterior to the terminal ileum of pigs: some implications for the analysis of dietary fiber. *Br. J. of Nutr.* 52:583.
- MITCHELL, B.H., Blair R., Reichert, R.D. y Pao W.C., 1984. Dark and yellow reseed hulls, soybean hulls and a purified fiber source: their effects on dry matter energy, protein and amino acid digestibilities in cannulated pigs. *J. Anim. Sci.* 59:1510.
- MORROY, A.V., 1983. Utilización de paja como aditivo en la industria porcina. Memorias. Simposio "Avances recientes en la Nutrición del Cerdo", ANVEC. México, D.F.
- MURRE, R.J.; Kornegay, E.L.; Grayson, T.L. y Lindemann, M.B., 1988. Growth, nutrient utilization and intestinal morphology of pigs fed high fiber diets. *J. Anim. Sci.* 66:1570.
- MOSER, R.L., Pao, E.K. Jr., Boser, B.O. y Lewis, A.J., 1982. Effect of grain source, level of soluble fiber and caloric content of the diet on performance, blood and bone traits on growing-fattening swine. *J. Anim. Sci.* 54:1181.
- MULLER, H.L., Kirchgesner, H. 1983. Energetische Verwertung von cellulose beim Schwein. *Zeitschrift für tierphysiologie, tierernahrung und futtermittelkunde* (49:177) in: *Nutr. Abs. Rev.* 5b, 551681.
- NRC-42. Committee on Swine Nutrition, 1974. Cooperative regional



studies with growing swine: effects of vitamin E and levels of supplementary copper during the growing-finishing period on gain, feed conversion and tissue copper storage in swine. *J. Anim. Sci.* 39:512.

- NRC, 1979. Nutrient requirements of domestic animals. No. 2. Nutrient requirements of pigs. Light Revised Ed. National Academy of Sciences-National Research Council Washington, D.C.
- NRC, 1987. National Research Council. Predicting feed intake of food producing animals. 1a. Ed. National Academy Press, Washington, D.C.
- NOBLET, J., LeDividich y Kawa, J.B., 1985. Interaction between energy level in the diet and environmental temperature on the utilization of energy in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 61:452.
- OKONKWO, A.C., Crenshaw, F.D., Peo, E.R. Jr., Moser, B.D., y Cunningham, P.J., 1978a. Effect of fiber on calcium and phosphorus utilization in the baby pig. *J. Anim. Sci.* 47(Supl. 1):314(Abstr).
- OKONKWO, A.C., Crenshaw, F.D., Peo E.R. Jr., Moser B.D. y Cunningham P.J., 1978b. Effect of fiber on calcium and phosphorus utilization in baby pigs. II. *J. Anim. Sci.* 47(Supl.1): 314(Abstr.).
- PARTRIDGE, I.G., Keal, H.D. y Mitchell, K.G., 1982. The utilization of dietary cellulose by growing pigs. *Anim. Prod.* 35:209.
- PAITERSON, D.C., 1984. Effect of the dietary inclusion of copper sulphate, avoparcin and carbadox/sulphadimidine supplements on the performance of pigs weaned at 25 days. *Anim. Prod.* 38:487.

- PEREZ, E.R., 1985. Aspectos económicos de la porcicultura en México. UNAM-ASA, pp. 200.
- POLLMAN, D.S., Danielson D. M., y Peo E.R. Jr., 1979. Value of high fiber diets for gravid swine. J. Anim. Sci. 48:1305.
- POLLMAN, D.S., Danielson D. M., Crenshaw, H.A., y Peo E.R. Jr. - 1981. Long-term effects of dietary additions of alfalfa and tallow on sow reproductive performance. J. Anim. Sci. 51:294.
- POHD, W.G., Yen, J.Y., Lindvall R.H., y Dalshill. 1981. Dietary alfalfa meal for genetical obese and lean growing pigs: effect on body weight gain and on carcass and gastrointestinal tract measurements and blood metabolites. J. Anim. Sci. - 51:167.
- POHD, W.G., Pond K.H., Ellis W.C. y Hatis J.H.L. 1986. Markers for estimating digesta flow in pigs and the effects of dietary fiber J. Anim. Sci. 63:1140.
- POHD, W.G., Jung, H.G. y Vareš, V.H., 1988. Effect of dietary fiber on young adult genetically lean, obese and contemporary pigs: body weight, carcass measurements, organ weights and digesta content. J. Anim. Sci. 66:699.
- PRINCE, T.J. y Eason J.I., 1978. Effects of feeding corn silage and self limiting gestation diets on reproductive performance in swine. J. Anim. Sci. 47 (Supl. 1) :272.
- PRINCE, T.J., Hays V.W. y Cronwell, G.L., 1979. Effects of copper sulfate and ferrous sulfide on performance and liver copper and iron stores of pigs. J. Anim. Sci. 49:507.
- PRINCE, T.J., Hays, V.W. y Cronwell, G.L., 1984. Interactive effects of dietary calcium, phosphorus and copper on

- performance and liver stores of pigs. *J. Anim. Sci.* 68: 356.
- 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.
- RERAT, A., Fiszlewicz, H., Glusi, A. y Vaugelade, P. 1987. Influence of meal frequency on postprandial variations in the production and absorption of volatile fatty acids in the digestive tract of conscious pigs. *J. Anim. Sci.* 64:448.
- RICKE, S.C., Berger, L.L., Van der Auw, P.J., y Fahey, G.C. Jr., 1984. Effects of lysalocid and monensin on nutrient digestion metabolism and rumen characteristics of sheep. *J. Anim. Sci.* 59:194.
- ROBLES, A. y Ewan, R.C., 1982. Utilization of energy of rice and ricebran by young pigs. *J. Anim. Sci.* 55:572.
- ROOF, H.D. y Hahan, B.C., 1982. Effect of carbadox and various dietary copper levels for weanling swine. *J. Anim. Sci.* 55:1109.
- SARH, 1985. Agendas Agropecuarias. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.
- SARH, 1985. Diagnóstico del Sector Agropecuario. Delegación Veracruz. Xalapa, Ver.
- SHERRY, P.A., Harrison, P.C. y Fahey, G.C. Jr., 1981. Dietary fiber and antibiotics interactions on nutritional and metabolic parameters in the growing pigs. *J. Anim. Sci.* 53:1309.

- SHINADA, A.S., 1983. Fundamentos de Nutrición Animal Comparativa 1a. Ed. CPAASC. México, pp. 57-59.
- SNEDECOR, G.W. y Cochran, W.G., 1987. Métodos Estadísticos. 1a Ed. C.R.C.S.A. México.
- SPROTT, L.R., Goehring, T.D., Beverly, J.R. y Corah, L.R., 1988. Effects of ionophores on cow herd production: a review. *J. Anim. Sci.* 66:1340.
- STEEL, G.D. y Torrie, J.H., 1960. Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill Book Co. U.S.A.
- STAHLY, T.S., Cromwell, G.L. y Honegue, H.I. 1980. Effects of the dietary inclusion of copper and (or) antibiotics on the performance of weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 51:1347
- STAHLY, T.S. y Cromwell, G.L. 1986. Response to dietary additions of fiber (alfalfa meal) in growing pigs housed in a cold warm or hot thermal environment. *J. Anim. Sci.* 63:1870.
- STANLEY, D.L. and Ewan, R.C. 1982. Utilization of energy of hominy feed and alfalfa meal by young pigs. *J. Anim. Sci.* 54:1175.
- STANOGLIAS, G. y Pearce, G.R., 1985a. The digestion of fiber by pigs 1. The effects of amount and type of fiber on apparent digestibility, nitrogen balance and rate of passage. *Br. J. Nutr.* 53:513.
- STANOGLIAS, G. y Pearce, G.R., 1985b. The digestion of fiber by pigs 2. Volatile fatty acid concentration in large intestine digesta. *Br. J. Nutr.* 53:531.
- STANOGLIAS, G. y Pearce, G.R., 1985c. The digestion of fiber by pigs 3. Effects of the amount and type of fiber on physical characteristics of segments of the gastrointestinal

tract. Br. J. Nutr 53:537.

- TEJADA, H. I., 1983. Manual de laboratorio para Análisis de Ingredientes Utilizados en la Alimentación Animal. Departamento Divulgación Técnica. INIP-SARH. México, D.F.
- TESS, H.W., Dickerson, G.E., Hiesaber, J.A., Yen, J.Y. y Ferrel, C.L., 1984. Energy costs of protein and fat deposition in pigs fed ad libitum. J. Anim. Sci. 60:111.
- THOMPSON, W.R. y Riley, J.G. 1980. Protein levels with and without monensin for finishing steers. J. Anim. Sci. 50:563.
- UZGORSKII, D. y Kirienko, N.A. Complete supplement for sows. Suinovodstvo, Moscow, USSR. 1982. in Nutr. Abstr. Rev. 1983. 53:2100.
- VANHAECKE, H. Van Hevel, C.J., Bandooven, B. y Deneyer, D.I. 1985. Effect of monensin on fermentation pattern and soyabean protein degradation in the rumen of sheep. Arch. tierernahr. 35:279.
- VAN SOEST, P.J., 1973. Collaborative study of acid-detergent fiber and lignin, J. Assoc. of Agric. Chem. 56:761.
- VAN SOEST, P.J. 1985. Definition of fiber in animal feeds. en M. Harasign y D.J.A. Cole. Recent Advances in Animal Nutrition 1985. 1a. Ed. Butterworths. pp.55-71.
- VANVLEET, V.F., Anstutz, H.E., Heinrich, W.E., Rebar, A.H. Ferrans, V.J. 1983. Acute monensine toxicosis in swine effect of graded doses of monensin and protection of swine by pre treatment with selenium-vitamin. E. Am. J. Vet. Res. 44:1460.
- VAREL, V.H., Pond, W.G., and Yen J.T., 1984. Influence of dietary fiber on the performance and cellulase activity of growing

finishing swine. *J. Anim. Sci.* 59:388.

- VAREL, V. H., and Pond, W.G., 1985. Enumeration and activity of cellulolytic bacteria from gestating swine fed various levels of dietary fiber. *Applied and environmental microbiology.* 49:858.
- WALLACE, R.J., 1981. Effect of monensin on the fermentation of basal rations in the rumen simulation technique (Rusitec) *Br. J. Nutr.* 46:131.
- WELCH, C.C.; Parsons, C.M. y Baker, D.H., 1986. Further investigation of the dietary protein and monensin level interrelationship in broiler chicks. Influence of *Eimeria acervulina* infection, increased dietary protein and level of feed intake. *Poult. Sci.* 65:1939.
- WELCH, C.C.; Parsons, C.M. y Baker, D.H., 1988. Further investigations of the dietary protein level monensin interrelationship in broiler chicks. Influence of dietary protein source and type of anticoccidial drug. *Poult. Sci.* 67:652.
- WILKINSON, J.I.D., Appleby, W.G.C., Shaw, C.J., Lebas, G. y Pflug, R., 1980. The use of monensin in european pasture cattle. *Anim. Prod.* 31:159.
- YIN, J.F., Brooks, J.D. y Jensen, H.H., 1974. Metabolizable energy value of corn gluten feed. *J. Anim. Sci.* 39:335.
- ZOIPOPOULOS, P.L., English, P.R. y Topps, J.H., 1982. High fiber diets for *ad libitum* feeding of sows during lactation. *Anim. Prod.* 325:25.

APENDICE 1.

DETERMINACION DE LA DIGESTIBILIDAD APARENTE DEL RASTROJO DE MAIZ (%) A PARTIR DE ECUACIONES DE REGRESION (CUADRO 6) Y AJUSTADAS - POR FORMULA DE YEN et al (1974).

1. Digestibilidad aparente de la dieta =  $92.9 - 0.72(x)$   
en donde x es el % de inclusión del rastrojo de maíz
2. X = 10, valor más alto de RM (%) usado en el experimento
3. Y =  $92.9 - 0.724(10)$
4. Y = 85.66
5. Fórmula de Yen et al., 1984.  $DDE = \frac{(DDB \times IDB)}{IDE}$

En donde:

- DDE = Digestibilidad de la dieta experimental, %
- DDB = Digestibilidad de la dieta basal, %
- IDB = Nivel de inclusión de la dieta basal, %
- IDE = Nivel de inclusión de la dieta experimental, %

6. Digestibilidad del rastrojo de maíz =  $85.66 - \frac{(92.9 \times 0.9) \cdot 20.5}{0.1}$

que se presenta en la última columna del Cuadro 7. El mismo procedimiento se siguió para todas las variables en donde el análisis de regresión fué significativo ( $P < .05$ ).

APENDICE 2.

ANALISIS DE VARIANZA DE EL CONSUMO DE ALIMENTO Y NUTRIMENTOS, EN CUATRO DIAS DE EXPERIMENTOS EN CERDOS CONSUMIENDO NIVELES CRECIENTES DE RASTROJO DE MAIZ.

D V	gl	CUADRADOS MEDIOS			
		CONSUMO DE			
		Alimento	FDH	Nitrógeno	E B
Bloque	2	.1058	.0099	.00009	1.5
Tratamiento	5	.0322	.0649*	.00029*	.58
Error	8	.0601	.0051	.00003	.79

\*(P < .05)



APENDICE 3.

ANALISIS DE VARIANZA DE LA DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA Y -  
SUS COMPONENTES (%) DE CERDOS CONSUMIENDO NIVELES CRECIENTES DE -  
RASTROJO DE MAIZ.

CUADRADOS MEDIOS

OV	gl	MS	FDN <sup>a</sup>	FDA <sup>b</sup>	Hemicelulosa	Celulosa	Cont.Celular
Bloques	2	23.34	15.22	5.05	30.16	91.84	10.77
Tratamientos	5	14.31	74.50*	40.03*	82.75	304.22	11.21
Error	8	33.87	3.91	7.84	5.62	160.74	1.65

\*(P< .05)

<sup>a</sup>fibra detergente neutro

<sup>b</sup>fibra detergente ácido

APENDICE 4.

ANALISIS DE VARIANZA DEL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA DIETARIA  
 POR CERDOS CONSUMIENDO NIVELES CRECIENTES DE RASTROJO DE MAIZ

OV	gl	CUADRADOS MEDIOS				
		E. orina / E.consumida	E. orina / E.digerida	E D	E M	E M / E D
Bloque	2	.00035	.00044	.02735	.0496	.00044
Tratamien to	5	.00038	.00032	.03725*	.0298*	.00023
Error	8	.00054	.00055	.00102	.0081	.00061

\*(P < .05)

APENDICE 5.

ANALISIS DE VARIANZA DEL APROVECHAMIENTO DEL NITROGENO POR CERDOS  
 CONSUMIENDO NIVELES CRECIENTES DE RASTROJO DE MAIZ.

OV	gl	N digestible	CUADRADOS MEDIOS	
			N retenido/ N ingerido	N retenido / N digerido
Bloque	2	103	650.1	583.8
Tratamien to	5	394.8	923.9	723.9
Error	8	175.2	693.2	703.9

APENDICE 6.

ANALISIS DE COVARIANZA DE LA RESPUESTA PRODUCTIVA DE CERDOS CONSUMIENDO DIETAS CON 15% DE RASTROJO DE MAIZ Y ADICIONADAS CON COBRE Y/O MONENSINA.

Dv	gl	CUADRADOS MEDIOS AJUSTADOS				
		CONSUMO ALIMENTO	CONSUMO DE EB	GANANCIA DE PESO	GANANCIA/ CONSUMO	EFICIENCIA ENERGETICA
Bloques	7	276267	2.5836	01328	1707.5	69.15
Cobre	1	14066	0.0026	00091	1358.9	104.29
Monensina	1	215000*	2.9697	00703	284.0	42.77
Cu x monensina	1	13143	0.1778	.09562	897.1	58.40
Error	20	10238	.14002	.00163	476.6	27.03
Exy/Exx		28.853	.10467	.00451	-2.265	-.529
CME no ajustado		20047	.26886	.00180	625.8	29.207

\*(P < .05)

APENDICE 7.

ANALISIS DE VARIANZA DE LA DIGESTIBILIDAD DE LA MS Y SUS COMPONENTES DE DIETAS CON 15% DE RASTROJO DE MAIZ ADICIONADAS CON  $\text{CuSO}_4$  - Y/O MONENSINA SODICA PARA CERDOS.

CUADRADOS MEDIOS

OV	g)	H S	F D N	F D A	HEMI		CONTENIDO CELULAR
					CELULOSA	CELULOSA	
Bloques	1	21	3	98	105	1830	61
Cobre	1	66	3403	3362	5886	51681*	800
Monensina	1	820*	7503*	32513*	478371*	30125*	8
Cu x monen sina	1	465	561	3445	15051	35511	18
Error	3	50	530	1827	3549	619	118

\*(P < .05)

APENDICE B.

ANALISIS DE VARIANZA DE EL APROVECHAMIENTO DEL N Y LA ENERGIA EN DIETAS CON 15% DE RASTROJO DE MAIZ ADICIONADAS CON  $\text{CuSO}_4$  Y/O MONENSINA SUOLICA PARA CERDOS.

OV	gl	CUADRADOS MEDIOS				
		E D	E M	EM / ED	N DIGESTIBLE	N RETENIDO/ N CONSUMIDO
Bloques	1	.0012	.0050	.0001	1200	1176
Cu	1	.034	.0128	.0001	8	1485
Monensina	1	.052*	.0018	.005	5619	1326
Cu x Monensina	1	.052*	.0325	.0005	5826	13695
Error	3	.0017	.0068	.0008	723	5371

\*(P < .05)