

## Respuesta de porcinos en crecimiento alimentados con dietas a base de sorgo-pasta de soya con bajo nivel de proteína y suplementadas con manano-oligosacáridos o nucleótidos

Emanuel Saldaña, José Figueroa\*, Vicente Zamora, María Sánchez y José Cordero

Programa de Ganadería, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, México. Km. 36,5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. C.P. 56230, México.

### RESUMEN

Se realizaron dos experimentos para evaluar el comportamiento productivo (ganancia de peso, GDP; consumo de alimento, CAL; conversión de alimento, CA; ganancia de carne magra, GCM), las características de la canal (grasa dorsal, GD; área del músculo *longissimus*, AML; porcentaje de carne magra, %CM) y la concentración de urea en plasma de 70 cerdos machos castrados en crecimiento a los que se incorporó manano-oligosacáridos (MOS: 0,00, 0,05, 0,10, 0,15%; Exp. 1) o nucleótidos (0,000, 0,125%; Exp. 2) a dietas con base en sorgo-pasta de soya tipo estándar (16,5%) o con baja proteína (12% en el Exp. 1 ó 14,5 y 12,5% en Exp. 2). El nivel de MOS no afectó las variables en estudio. La GDP y CAL fueron superiores ( $p < 0,05$ ) con la dieta estándar, sin alterar las características de la canal. La urea en plasma se redujo ( $p < 0,01$ ) al disminuir el nivel de proteína. Adicionar nucleótidos a dietas con baja proteína (12,5%) mejoró la respuesta productiva, reduciéndose ( $p < 0,01$ ) la urea en plasma. Esto indica que la reducción de proteína dietaria puede afectar la respuesta productiva de cerdos en crecimiento, mientras la adición de MOS no mejoró la respuesta productiva en dietas con baja proteína. Los nucleótidos mantuvieron la respuesta productiva y las características de la canal de cerdos alimentados con baja proteína a niveles similares a los de dietas estándar.

**Palabras clave:** cerdos en crecimiento, dietas con baja proteína, manano-oligosacáridos, nucleótidos.

### Response of growing pigs fed diets based on sorghum-soybean meal with low level of protein and supplemented with mannan-oligosaccharides or nucleotides

### ABSTRACT

Two experiments were conducted to evaluate the growth performance (average daily gain, ADG; average daily feed intake, ADFI; feed:gain ratio, FGR; fat-free lean gain, FFLG), the carcass characteristics (backfat thickness, BT; *longissimus* muscle area, LMA; lean meat percentage, LMP), and the plasma urea nitrogen concentration (PUN) of 70 growing barrows fed mannan-oligosaccharides (MOS: 0.00, 0.05, 0.10, 0.15%; Exp. 1) or nucleotides (0.000, 0.125%; Exp. 2) added to standard (16.5%) or low-protein diet (12% in Exp. 1 or 14.5 and 12.5% in Exp. 2). The diets were based on sorghum-soybean meal. The level of MOS did not affect the analyzed variables. ADG and ADFI were greater ( $p < 0.05$ ) in pigs fed the standard diet, but had no differences on carcass characteristics. The PUN concentration was lowest ( $p < 0.01$ ) with low-protein diets. The addition of 0.125% of nucleotides to low-protein diets improved growth performance. These results indicate that the reduction of dietary crude protein may affect growth performance, while the

---

\*Autor de correspondencia: José Figueroa  
E-mail: jlfigueroa@colpos.mx

addition of MOS does not improve growth performance in pigs fed low-protein diets. The nucleotides supplementation maintains the growth performance and carcass characteristics of pigs fed low-protein diets at similar levels as in control diet.

**Key words:** growing pigs, low-protein diets, mannan-oligosaccharides, nucleotides.

## INTRODUCCIÓN

La producción porcina moderna exige mayor productividad sin afectar el entorno en el que se mantienen las explotaciones. Por ello, se han realizado esfuerzos para establecer programas de alimentación que disminuyan los niveles de excreción de nutrientes, especialmente el nitrógeno proveniente del exceso de aminoácidos en las dietas (Figuroa *et al.*, 2002; 2003). Recientes avances en la determinación de los requerimientos de aminoácidos para cerdos y el incremento en la disponibilidad de aminoácidos sintéticos han permitido reducir el contenido de proteína cruda en la dieta (Trujillo-Coutiño *et al.*, 2007; Figuroa *et al.*, 2008; Martínez-Aispuro *et al.*, 2009), mientras se mantenga la adición de aminoácidos sintéticos (Bourdon *et al.*, 1995; Canh *et al.*, 1998). Las dietas bajas en proteína se asocian con una reducción en la demanda de energía, necesaria ésta para la desaminación del exceso de aminoácidos presentes en dietas estándar, disminuyendo así la síntesis y excreción de urea, la remoción de proteínas corporales y la producción de calor corporal del animal (Fuller *et al.*, 1987). Por lo tanto, una reducción de la cantidad de proteína ingerida incrementa la disponibilidad de energía neta, la cual es utilizada para una mayor deposición de tejido adiposo (Noblet *et al.*, 1994), lo que puede deteriorar la calidad de la canal. Es preciso considerar que en función de la magnitud de la reducción, en ocasiones la respuesta productiva disminuye cuando se alimenta con dietas bajas en proteína (Trujillo-Coutiño *et al.*, 2007; Figuroa *et al.*, 2008; Martínez-Aispuro *et al.*, 2009).

Los aditivos en las dietas permiten maximizar el aprovechamiento de los nutrientes, reducir su pérdida en heces y orina, y disminuir la aparición de enfermedades, al mismo tiempo que se incrementan los índices productivos y económicos de la granja (Roth y Kirchgenssener, 1999). Entre estos aditivos se encuentran prebióticos como los manano-oligosacáridos (MOS) y los nucleótidos. Los MOS son componentes de la pared celular de levaduras como *Saccharomyces cerevisiae* (MacDonald *et al.*, 1998), que ayudan a regular la inmunidad y reducir la colonización intestinal por microorganismos patógenos como las bacterias gram-negativas (Newman y Newman, 2001). Para que la mayoría de las bacterias puedan colonizar el tracto gastrointestinal primero deben adherirse a la superficie epitelial (Baumler *et al.*, 1997; Zimmerman *et al.*, 1997),

lo que realizan por medio de lectinas que reconocen ciertos azúcares (Sharon y Lis, 1993; Collet *et al.*, 2001). Esto ayuda a aumentar la población microbiana benéfica, y con ello, a mejorar la digestión y absorción de nutrientes (Gibson *et al.*, 1995), por lo que algunos investigadores sugieren que estos compuestos pueden mejorar la respuesta productiva de cerdos jóvenes (Pettigrew, 2000), aunque los resultados no son consistentes (LeMieux *et al.*, 2003).

Los nucleótidos, en condiciones fisiológicas normales, tienen una baja capacidad para pasar a través de las membranas de las células, probablemente debido a la ausencia de un sistema de transporte específico (Sanderson y He, 1994) o a la elevada carga que le confieren los grupos fosfato (Rudolph, 1994). Por ello, la forma de nucleósido es la manera en que ocurre la mayor parte de la absorción de purinas y pirimidinas en las células epiteliales. El transporte de nucleósidos dentro del enterocito ocurre por difusión simple y por dependencia de mecanismos acarreadores de sodio (Bronk y Hastewell, 1987). Los nucleótidos se han utilizado principalmente en lechones al destete para reforzar el sistema inmune y reducir los problemas digestivos relacionados con esta etapa. Algunos autores (Sánchez-Pozo y Gil, 2002) incluso los consideran como nutrientes semiesenciales, ya que al mejorar la función inmune propician un epitelio intestinal más sano, lo que incrementa la digestión y la absorción de nutrientes. Actualmente se especula si dicha función estará presente en etapas posteriores al destete.

Se considera que la adición de MOS o nucleótidos a dietas con baja concentración de proteína podría mejorar el crecimiento de los cerdos en crecimiento, por lo que los objetivos de esta investigación fueron evaluar la respuesta productiva, características de la canal y concentración de urea en plasma de cerdos en crecimiento alimentados con dietas a base de sorgo-pasta de soya con bajo nivel de proteína, a las que se incorporan MOS o nucleótidos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la Unidad Porcina de la Granja Experimental del Colegio de Postgraduados, localizada en el municipio de Tecámac, estado de México, de octubre a diciembre de 2006 (Experimento 1) y de marzo a abril de 2007 (Experimento 2). El clima de la zona es seco semiárido con régimen de lluvias en verano, temperatura

media anual de 14,6°C y una precipitación acumulada anual de 549,9 mm (García, 1988).

### Experimento 1

Se evaluaron dos niveles de proteína cruda (PC), identificados como estándar (16,5%) y baja (12,0%), y cuatro de MOS (0,00; 0,05; 0,10 y 0,15%), en un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2x4, con ocho tratamientos y cinco repeticiones por tratamiento. Las dietas fueron formuladas para mínimo costo empleando sorgo-pasta de soya y con base en aminoácidos digestibles verdaderos a nivel ileal (NRC, 1998). En el caso de las dietas con baja proteína se adicionaron aminoácidos (AA) sintéticos (L-Lisina-HCl, L-Treonina, DL-Metionina y L-Triptófano) hasta alcanzar los niveles de la dieta estándar (16,5% proteína; 0,00% MOS). El nivel de energía metabolizable (3 265 Mcal/kg) se mantuvo constante en todos los tratamientos (Cuadro 1), así como el de calcio y fósforo disponible. El producto comercial empleado como vehículo de MOS se obtuvo a partir de una cepa específica de levadura (*S. cerevisiae*).

Las dietas se suministraron *ad libitum* durante 35 días y se evaluó la respuesta productiva (ganancia diaria de peso, GDP; consumo de alimento, CAL; conversión de alimento, CA y ganancia de carne magra, GCM), características de la canal (área del músculo *longissimus*, AML; grasa dorsal, GD y porcentaje de carne magra en la canal, CM) y concentración de urea en plasma de 40 cerdos (machos castrados) híbridos (Landrace x Yorkshire x Duroc x Pietrain), desde 25,63 ± 0,95 hasta 60,7 ± 8,3 kg de peso. Los cerdos se alojaron individualmente en corrales de 1,2 x 1,5 m con piso de concreto, equipados con comedero tipo tolva y bebedero de chupón. El agua se proporcionó *ad libitum*.

A partir de registros semanales de peso corporal y consumo de alimento, se obtuvo la GDP y se estimó la CAL. Al inicio y al final del experimento se determinaron el grosor de GD y AML por medio de ultrasonido de tiempo real (Sonovet 600; Medison Inc. Cypress, CA. EUA) a nivel del décimo espacio intercostal. Con esta información, y considerando la GDP, se determinó la GCM y el CM a partir de la ecuación del NPPC (1991). Asimismo, al final del experimento se tomaron muestras de sangre por medio de punción en la vena cava utilizando tubos *vacutainer* con heparina. Dichas muestras se preservaron en hielo hasta que fueron centrifugadas a 2 500 rpm durante 25 min para separar el plasma del paquete celular, transfiriendo el plasma a tubos de poliuretano para ser conservados a -20 °C hasta determinar la concentración de urea (Chaney y Marbach, 1962). Se realizó una sola toma de sangre durante el experimento por considerarla representativa del efecto del

alimento sobre la concentración de urea en plasma (Figuroa *et al.*, 2003).

En el laboratorio se analizó el alimento para determinar el contenido de proteína cruda por el método de Kjeldahl (AOAC, 1990), así como las concentraciones de calcio y fósforo por espectrofotometría de absorción de rayos UV (Fick *et al.*, 1979).

Las variables que se midieron semanalmente se analizaron con el procedimiento MIXED de SAS (SAS 1990; Littell *et al.*, 2004), determinando el efecto fijo de los factores en estudio e incluyendo el tiempo (semana). Las restantes variables se analizaron con el procedimiento GLM, y los promedios por tratamiento se compararon con la prueba de Tukey (Steel *et al.*, 1997). El peso inicial se utilizó como covariable para todos los análisis estadísticos realizados.

### Experimento 2

Se evaluaron tres niveles de PC, estándar (16,5%) y baja (14,5 y 12,5%) y dos de nucleótidos (0,000 y 0,125%), en un arreglo factorial 3x2. Las dietas fueron elaboradas con base en sorgo-pasta de soya y suplementadas con AA sintéticos (L-Lisina-HCl, L-Treonina, DL-Metionina y L-Triptófano) hasta alcanzar los niveles de la dieta estándar. El nivel de energía metabolizable se mantuvo constante (3 265 Mcal/kg) en todos los tratamientos (Cuadro 2), al igual que los de calcio y fósforo disponible. Las dietas se formularon para mínimo costo con base en aminoácidos digestibles verdaderos a nivel ileal (NRC, 1998). Los nucleótidos utilizados provenían de un producto comercial obtenido de una cepa específica de *S. cerevisiae*.

Las dietas se proporcionaron durante 28 días a 30 cerdos (machos castrados) híbridos (Landrace x Yorkshire x Duroc x Pietrain), desde 32,4 ± 0,98 hasta 68,0 ± 9,3 kg de peso, distribuidos en un diseño de bloques completos al azar con un arreglo factorial de 3x2, con seis tratamientos y cinco repeticiones por tratamiento, considerando cada cerdo una unidad experimental. El criterio para definir los bloques fue el peso inicial de los animales. Los cerdos fueron alojados en corrales individuales de 1,2x1,5 m, equipados con comedero tipo tolva de una boca y bebedero tipo chupón, con libre acceso al agua y alimento.

Se evaluaron variables productivas (GDP, CAL, CA, y GCM), características de la canal (GD y AML a nivel de la décima costilla y CM) y concentración de urea en plasma. Las mediciones con ultrasonido, así como las muestras de sangre y de alimento se obtuvieron como se describe en el Experimento 1. Los datos de las variables evaluadas semanalmente se analizaron con el procedimiento

**Cuadro 1.** Composición de raciones para cerdos machos castrados en crecimiento con inclusión de manano-oligosacáridos (MOS) en la ración.

Ingrediente	Proteína cruda (%)								
	16,5				12,0				
	MOS (%)				MOS (%)				
	0,00	0,05	0,10	0,15	0,00	0,05	0,10	0,15	
Sorgo	75,46	75,38	75,30	75,21	87,89	87,81	87,73	87,63	
Pasta de soya (44%)	21,25	21,25	21,25	21,25	7,60	7,60	7,60	7,60	
Aceite de soya	0,83	0,86	0,89	0,93	1,06	1,09	1,16	1,16	
L-Lisina HCL	0,21	0,21	0,21	0,21	0,62	0,62	0,62	0,62	
DL-Metionina	0,01	0,01	0,01	0,01	0,13	0,13	0,13	0,13	
L-Triptofano	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,07	0,07	0,07	
L-Treonina	0,02	0,02	0,02	0,02	0,19	0,19	0,19	0,19	
Premezcla de vitaminas <sup>1</sup>	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	
Premezcla de microminerales <sup>2</sup>	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	
Carbonato de calcio	0,85	0,85	0,85	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80	
Ortofosfato	0,84	0,84	0,84	0,84	1,11	1,11	1,11	1,11	
Sal	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	
<b>Fraciones (%)</b>	<b>Valores determinados (%)</b>								
Proteína cruda	16,48	15,86	16,36	15,49	11,87	11,51	11,41	12,10	
Calcio	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	
Fósforo total	0,48	0,45	0,42	0,42	0,48	0,46	0,45	0,51	
	<b>Valores estimados (%)<sup>3</sup></b>								<b>NRC<sup>4</sup></b>
Lisina	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
Treonina	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
Triptofano	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,15
Metionina + Cistina	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47
Arginina	0,89	0,89	0,89	0,89	0,52	0,52	0,52	0,52	0,33
Histidina	0,37	0,37	0,37	0,37	0,25	0,25	0,25	0,25	0,26
Isoleucina	0,61	0,61	0,61	0,61	0,41	0,41	0,41	0,41	0,45
Leucina	1,46	1,46	1,46	1,46	1,19	1,19	1,18	1,18	0,83
Valina	0,68	0,68	0,68	0,68	0,49	0,49	0,49	0,49	0,56
Fenilalanina + Tirosina	1,29	1,29	1,29	1,29	0,91	0,91	0,91	0,91	0,78
Costo de la dieta (US \$/ kg)	0,24	0,24	0,24	0,24	0,26	0,26	0,26	0,26	

<sup>1</sup>Proporcionó por cada kg de alimento: 15000 UI vit. A; 3000 UI vit. D3; 60 UI vit. E; 6 mg vit K; 3 mg Tiamina; 15 mg Riboflavina; 75 mg Niacina; 6 mg Piridoxina; 0,45 mg Cianocobalamina; 0,54 mg Biotina; 675 mg Colina; 45 mg Ácido pantoténico y 9 mg Ácido fólico.

<sup>2</sup>Proporcionó por cada kg de alimento: 150 mg Fe; 150 mg Zn; 150 mg Mn; 10 mg Cu; 0,15 Se; 0,9 mg I y 0,2 mg Cr.

<sup>3</sup>En el caso de aminoácidos, se refiere a su digestibilidad ileal verdadera.

<sup>4</sup>Recomendación de nutrimentos sugerida para la etapa de crecimiento por el NRC (1998)

MIXED de SAS (SAS 1990; Littell *et al.*, 2004), para determinar el efecto fijo de los factores en estudio, incluyendo tiempo (semana). Las variables determinadas para todo el experimento se analizaron con el procedimiento GLM y los promedios por tratamiento se compararon con la prueba de Tukey (Steel *et al.*, 1997). El peso inicial se utilizó como covariable para todos los análisis estadísticos realizados.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Experimento 1

La GDP ( $p < 0,01$ ) y el CAL ( $p < 0,03$ ) se redujeron cuando el nivel de PC disminuyó (Cuadro 3). La GDP fue 13,5% superior ( $p < 0,05$ ) en los cerdos alimentados

con dietas estándar respecto a los que recibieron dietas bajas en proteína. El CAL fue 301 g/d menor ( $p < 0,05$ ) con dietas bajas en proteína comparado con dietas estándar; sin embargo, a pesar de las diferencias estadísticas en estas dos variables, ello no afectó ( $p > 0,42$ ) la CA. El nivel de proteína también afectó el PF, siendo 5,4 kg menor ( $p < 0,01$ ) en cerdos alimentados con dietas bajas en proteína. El nivel de MOS tendió ( $p < 0,09$ ) a afectar negativamente la GDP. La interacción del nivel de proteína y la concentración de MOS sólo afectó la GDP ( $p < 0,05$ ). Estos resultados son similares a los obtenidos por Hansen *et al.* (1993), quienes al reducir en cuatro unidades porcentuales la PC de la dieta y adicionar lisina, treonina, metionina y triptófano sintéticos, observaron una reducción de la GDP, así como de la CA, pero no encontraron efecto sobre el consumo de alimento,

**Cuadro 2.** Composición de raciones para cerdos machos castrados en crecimiento con inclusión de nucleótidos en la ración.

Ingrediente	Proteína cruda (%)						
	16,5		14,5		12,5		
	Nucleótidos (%)		Nucleótidos (%)		Nucleótidos (%)		
	0,000	0,125	0,000	0,125	0,000	0,125	
Sorgo	75,33	75,12	81,42	81,20	87,29	86,94	
Pasta de soya (44%)	21,35	21,35	14,75	14,75	8,35	8,50	
Aceite de soya	0,84	0,93	0,93	1,01	1,02	1,10	
L-Lisina HCL	0,21	0,21	0,40	0,41	0,60	0,59	
DL-Metionina	0,01	0,01	0,07	0,07	0,13	0,13	
L-Triptófano	0,00	0,00	0,03	0,03	0,06	0,06	
L-Treonina	0,02	0,02	0,10	0,10	0,18	0,18	
Premezcla de vitaminas <sup>1</sup>	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	
Premezcla de microminerales <sup>2</sup>	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	
Carbonato de calcio	0,85	0,85	0,87	0,87	0,87	0,87	
Ortofosfato	0,85	0,86	0,90	0,90	0,98	0,98	
Sal	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	
Fraciones (%)	Valores determinados (%)						
Proteína cruda	16,81	16,41	14,68	14,72	12,80	12,29	
Calcio	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	
Fósforo total	0,49	0,45	0,46	0,41	0,50	0,50	
	Valores calculados (%) <sup>3</sup>						NRC <sup>4</sup>
Lisina	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
Treonina	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,520	0,52
Triptófano	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,15
Metionina + Cistina	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47
Arginina	0,89	0,89	0,71	0,71	0,54	0,54	0,33
Histidina	0,37	0,37	0,31	0,31	0,25	0,25	0,26
Isoleucina	0,61	0,61	0,52	0,52	0,43	0,43	0,45
Leucina	1,46	1,46	1,33	1,33	1,20	1,20	0,83
Valina	0,68	0,68	0,59	0,59	0,50	0,50	0,56
Fenilalanina + Tirosina	1,29	1,29	1,11	1,11	0,94	0,93	0,78
Costo de la dieta (US \$ / kg)	0,27	0,27	0,28	0,28	0,29	0,29	

<sup>1</sup> Proporcionó por cada kg de alimento: 15000 UI vit. A; 3000 UI vit. D3; 60 UI vit. E; 6 mg vit. K; 3 mg Tiamina; 15 mg Riboflavina; 75 mg Niacina; 6 mg Piridoxina; 0,45 mg Cianocobalamina; 0,54 mg Biotina; 675 mg Colina; 45 mg Ácido pantoténico y 9 mg Ácido fólico.

<sup>2</sup> Aportó, por kg de alimento: 150 mg Fe; 150 mg Zn; 150 mg Mn; 10 mg Cu; 0,15 mg Se; 0,9 mg I y 0,2 mg Cr.

<sup>3</sup> En el caso de aminoácidos, se refiere a su digestibilidad ileal verdadera

<sup>4</sup> Recomendación de nutrientes para la etapa de crecimiento según el NRC (1998).

utilizando dietas sorgo-pasta de soya para cerdos en crecimiento. Con dietas basadas en maíz-pasta de soya con una reducción de seis unidades porcentuales en el nivel de proteína y adicionadas con aminoácidos, no se afectó el consumo de alimento, pero sí se encontraron diferencias en la ganancia de peso y la conversión de alimento con respecto de dietas estándar para crecimiento (Kephart y Sherritt, 1990). Otros investigadores (Kerr *et al.*, 2003) que utilizaron maíz-soya y aminoácidos sintéticos en dietas para cerdos en crecimiento, no encontraron diferencias en las variables productivas ni en las características de la canal en cerdos en crecimiento alimentados con nivel estándar de PC y una reducción de cuatro unidades porcentuales en el nivel PC.

La adición de MOS a las dietas afectó el crecimiento, lo que coincide con lo observado por LeMieux *et al.* (2003), aunque difiere de estudios (Davis *et al.*, 2002) donde se encontró un incremento en la CA al adicionar el 0,1% de MOS a dietas con nivel estándar de proteína para cerdos en crecimiento.

Las características de la canal analizadas no presentaron efecto del nivel de PC o MOS en la dieta (Cuadro 4). Sólo en CMF se observó un efecto ( $p < 0,02$ ) de la adición de MOS a las dietas, aumentando el porcentaje de carne magra en la canal al incrementar la concentración

**Cuadro 3.** Comportamiento productivo de cerdos machos castrados en crecimiento alimentados con dos niveles de proteína cruda (PC) y cuatro niveles de manano-oligosacáridos (MOS).

Tratamientos <sup>2</sup> (PC-MOS)	Variables <sup>1</sup>					
	GDP (g/d)	CAL (kg/d)	CA	PI (kg)	PF (kg)	GCM (g/d)
16,5 - 0,00	1188	2,78	2,34	25,63	60,73	318
0,05	1172	2,92	2,52	25,93	60,90	353
0,10	1040	2,62	2,57	26,35	58,83	265
0,15	1105	2,72	2,47	25,93	58,70	305
12,0 - 0,00	973	2,74	2,81	26,25	55,60	365
0,05	1105	2,39	2,23	25,55	53,80	303
0,10	835	2,45	2,95	25,63	52,60	343
0,15	983	2,29	2,35	25,40	55,30	320
EEM	0,02	0,13	0,15	4,56	27,16	0,00
<b>PC (%)</b>						
16,5	1126a	2,76a	2,58	25,96	59,78a	310
12,0	974b	2,47b	2,47	25,71	54,33b	333
<b>MOS (%)</b>						
0,0	1139	2,76	2,57	25,94	58,16	341
0,5	1080	2,66	2,37	25,74	57,35	327
1,0	1044	2,53	2,76	25,99	55,71	304
1,5	938	2,50	2,41	25,66	57,00	313
<b>Semana</b>						
1	0,75a	1,71a	2,35a			
2	0,81a	2,17b	2,76b			
3	1,00b	2,13b	2,15a			
4	0,85ab	2,49c	2,95b			
5	1,05b	2,62d	2,51a			
<b>Probabilidad</b>						
PC	0,01	0,03	0,43		0,01	0,19
MOS	0,09	0,48	0,20		0,82	0,42
PC×MOS	0,05	0,24	0,18		0,23	0,13
Semana	0,01	0,01	0,01			

<sup>a,b,c,d</sup> Medias de tratamiento o efecto principal en una misma columna con distinto literal indican diferencias estadísticas ( $p < 0,05$ ).

<sup>1</sup> Variables: GDP= Ganancia diaria de peso, CAL= consumo de alimento, CA=Conversión de alimento, PI= Peso inicial, PF= Peso final y GCM= Ganancia de carne magra.

<sup>2</sup> Tratamientos: dos niveles de proteína cruda, identificados como estándar (16,5%) y baja (12,0%), y cuatro de MOS (0,00; 0,05; 0,10 y 0,15%)

EEM= Error estándar de la media.

de MOS en el alimento observándose también un efecto de interacción entre el nivel de PC y el de MOS ( $p < 0,04$ ).

La urea en plasma (Cuadro 4) se redujo en 55,8% ( $p < 0,01$ ) en cerdos alimentados con dietas con baja proteína, respecto a las dietas con proteína estándar. También se observó un efecto de interacción entre el nivel de proteína y los niveles de MOS ( $p < 0,01$ ), ya que la urea en plasma se redujo al disminuir la proteína en la dieta al aumentar la concentración de MOS. El nivel de MOS no influyó en la concentración de urea en plasma. Algunos autores (Le

**Cuadro 4.** Características de la canal y concentración de urea en plasma de cerdos machos castrados en crecimiento alimentados con dos niveles de proteína cruda (PC) y cuatro niveles de manano-oligosacáridos (MOS).

Tratamientos <sup>2</sup> (PC-MOS)	Variables <sup>1</sup>						
	GDI (cm)	GDF (cm)	AMLI (cm <sup>2</sup> )	AMLF (cm <sup>2</sup> )	CMI (%)	CMF (%)	Urea (mg/dL)
16,5 - 0,00	0,275	0,575	9,09	21,14	44,11	39,51b	9,160a
0,05	0,275	0,600	10,17	21,33	45,26	39,87ab	8,690a
0,10	0,225	0,500	9,87	17,92	45,11	40,17ab	8,726a
0,15	0,275	0,500	9,91	19,23	44,99	41,17a	7,751a
12,0 - 0,00	0,225	0,550	9,52	18,27	44,87	40,51ab	4,061b
0,05	0,275	0,500	10,66	18,34	46,00	39,72ab	3,271b
0,10	0,250	0,575	10,11	18,04	45,60	39,51b	3,934b
0,15	0,250	0,525	9,92	18,88	45,42	40,63ab	3,906b
EEM	0,004	0,001	0,765	7,04	2,41	0,54	1,15
<b>PC (%)</b>							
16,5	0,263	0,544	9,76	19,90	44,72	40,18	8,58a
12,0	0,250	0,538	10,05	18,38	44,62	40,10	3,79b
<b>MOS (%)</b>							
0,0	0,250	0,563	9,31	19,70	44,56	40,01ab	6,61
0,5	0,275	0,550	10,41	19,83	45,72	39,80b	5,98
1,0	0,238	0,538	9,99	17,98	45,22	39,84b	6,33
1,5	0,263	0,513	9,91	19,05	46,16	40,90a	5,83
<b>Probabilidad</b>							
PC		0,86		0,12		0,75	0,01
MOS		0,77		0,50		0,02	0,43
PC×MOS		0,71		0,43		0,04	0,01

<sup>a,b</sup> Medias de tratamiento o efecto principal en una misma columna con distinto literal indican diferencias estadísticas ( $p < 0,05$ ).

<sup>1</sup> Variables: GDI= Grasa dorsal inicial, GDF= Grasa dorsal final, AMLI= Área de músculo *Longissimus* inicial, AMLF= Área de músculo *longissimus* final, CMI= Carne magra inicial, CMF= Carne magra final y Urea= Concentración de urea en plasma.

<sup>2</sup> Tratamientos: dos niveles de proteína cruda, identificados como estándar (16,5%) y baja (12,0%), y cuatro de MOS (0,00; 0,05; 0,10 y 0,15 %) EEM= Error estándar de la media

Bellego *et al.*, 2001; Figueroa *et al.*, 2003, 2008) señalan resultados similares a los obtenidos en este experimento con respecto al nivel de proteína, citando una disminución en la excreción de nitrógeno en heces y orina de hasta 20% al comparar la dieta con proteína estándar con dietas bajas en proteína. La excreción de nitrógeno en heces y orina está directamente relacionada con la concentración de urea en plasma. Utilizando otros ingredientes, como trigo-cebada-pasta de soya (Zervas y Zijlstra, 2002) adicionados con aminoácidos, con una diferencia de tres unidades porcentuales en la PC entre las dietas altas (18,5%) y las dietas bajas (15,7%), se observó una disminución del 35% en la concentración de urea en plasma, a favor de dietas bajas en proteína.

## Experimento 2

La adición de nucleótidos no tuvo efecto sobre las variables productivas (Cuadro 5) ni sobre las características de la canal (Cuadro 6); tampoco hubo efecto del nivel de proteína ni de la interacción entre proteína y nucleótidos en la dieta. Esto indica que agregar 0,125% de nucleótidos

**Cuadro 5.** Comportamiento productivo de cerdos machos castrados en crecimiento alimentados con tres niveles de proteína (PC) y dos niveles de nucleótidos.

Tratamientos <sup>2</sup> (PC - Nucleótidos)	Variables <sup>1</sup>					
	GDP (g/d)	CAL (kg/d)	CA	PI (kg)	PF (kg)	GCM (g/d)
16,5 - 0,000	919	2,25	2,52	32,96	59,18	338
0,125	972	2,34	2,51	32,68	59,38	333
14,5 - 0,000	906	2,11	2,36	31,82	56,46	312
0,125	1000	2,17	2,24	33,08	60,02	350
12,5 - 0,000	912	2,26	2,59	31,52	56,72	329
0,125	920	2,09	2,31	33,20	58,76	309
EEM	36,49	0,13	0,27	0,941	1,533	26,17
<b>PC (%)</b>						
16,5	946	2,30	2,52	32,82	59,28	336
14,5	953	2,14	2,30	32,45	58,24	331
12,5	916	2,18	2,45	32,36	57,74	319
<b>Nucleótidos (%)</b>						
0,000	912	2,21	2,49	32,10	57,45	331
0,125	964	2,20	2,36	32,99	59,39	326
<b>Semana</b>						
1	887	1,90	2,25			
2	883	2,25	2,61			
3	1060	2,34	2,21			
4	921	2,32	2,63			
Probabilidad						
PC	0,65	0,12	0,16		0,83	0,74
Nucleótidos	0,14	0,95	0,16		0,37	0,80
PC× Nucleótidos	0,61	0,23	0,53		0,81	0,45
Semana	0,97	0,15	0,89			

<sup>1</sup> Variables: GDP= Ganancia diaria de peso, CAL= consumo de alimento, CA=Conversión alimenticia, PI= Peso inicial, PF= Peso final y GCM= Ganancia de carne magra.

<sup>2</sup> Tratamientos: tres niveles de proteína cruda, identificados como estándar (16,5%) y baja (14,5 y 12,5%); y dos de nucleótidos (0,000 y 0,125%) EEM= Error estándar de la media

a la ración mantiene la respuesta productiva de cerdos en crecimiento cuando se alimentan con dietas con baja proteína. Estos resultados son similares a los observados en otros reportes (Kerr y Easter, 1995) donde, al suministrar dietas bajas en proteína (12%) complementadas con aminoácidos, se obtuvieron los mismos resultados que con dietas con proteína estándar (16%). En otro estudio (Kerr *et al.*, 2003) se menciona que una reducción de tres unidades porcentuales de proteína cruda en dietas maíz-pasta de soya adicionadas con aminoácidos, generó efectos negativos sobre el crecimiento, la conversión de alimento y la calidad de la canal. Sin embargo, los resultados de este experimento difieren de los encontrados en otra investigación (Figuerola *et al.*, 2003), donde al emplear maíz-pasta de soya se encontró que el nivel de proteína afectó el consumo de alimento.

Los resultados muestran que la disminución de proteína en la dieta hasta 12,5% y la adición de 0,125% de nucleótidos no afecta las características de la canal, con respecto al nivel estándar de proteína (16,5%) o al nivel intermedio (14,5%). Esto difiere de lo encontrado en otra investigación utilizando maíz-pasta de soya en dietas con baja proteína (Kerr y Easter, 1995) donde se menciona que al disminuir el nivel de proteína aumenta la cantidad de grasa en la canal. Lo anterior probablemente se deba a que el sorgo (utilizado en esta investigación) aporta menos

**Cuadro 6.** Características de la canal y concentración de urea en plasma de cerdos machos castrados en crecimiento alimentados con tres niveles de proteína cruda (PC) y dos niveles de nucleótidos.

Tratamientos <sup>2</sup> (PC - Nucleótidos)	Variables <sup>1</sup>						
	GDI (cm)	GDF (cm)	AMLI (cm <sup>2</sup> )	AMLF (cm <sup>2</sup> )	CMI (%)	CMF (%)	Urea (mg/dL)
16,5 - 0,000	0,34	0,54	12,14	19,66	43,16	40,03	11,54a
0,125	0,36	0,60	13,23	20,21	44,18	40,01	12,54a
14,5 - 0,000	0,30	0,56	12,61	19,79	44,42	40,47	7,29bc
0,125	0,32	0,56	13,61	21,85	44,63	40,91	7,38b
12,5 - 0,000	0,30	0,58	11,13	19,40	43,08	40,16	7,12bc
0,125	0,34	0,54	15,02	20,59	45,78	40,56	4,51c
EEM	0,003	0,01	0,69	9,77	1,41	0,46	2,12
<b>PC (%)</b>							
16,5	0,35	0,57	12,69	19,94	43,66	40,02	11,99a
14,5	0,31	0,56	13,11	20,82	44,52	40,69	7,34b
12,5	0,32	0,56	13,08	19,99	44,43	40,36	5,82b
<b>Nucleótidos (%)</b>							
0,000	0,31	0,56	11,96	19,62	43,55	40,22	8,62
0,125	0,34	0,57	13,96	20,89	44,86	40,49	8,15
Probabilidad							
PC		0,98		0,78		0,11	0,01
Nucleótidos		0,88		0,28		0,28	0,39
PC× Nucleótidos		0,66		0,86		0,71	0,02

<sup>a,b,c</sup> Medias de tratamiento o efecto principal en una misma columna con distinta literal indica diferencias estadísticas (pd>0,05).

<sup>1</sup> Variables: GDI= Grasa dorsal inicial, GDF= Grasa dorsal final, AMLI= Área de músculo *Longissimus* inicial, AMLF= Área de músculo *Longissimus* final, CMI= Carne magra inicial, CMF= Carne magra final y Urea= Concentración de urea en plasma.

<sup>2</sup> Niveles de proteína cruda identificados como estándar (16,5%) y baja (14,5 y 12,5%), y de nucleótidos (0,000 y 0,125%).

energía neta que el maíz, por lo que hay menor disponibilidad de energía para síntesis de lípidos de reserva

La concentración de urea en plasma (Cuadro 6) se redujo al disminuir la PC en la dieta ( $p < 0,01$ ), mientras la interacción entre nivel de PC y de nucleótidos fue significativa ( $p < 0,02$ ) debido a que la adición de nucleótidos incrementó la urea en plasma en los tratamientos con 14,5% y 16,5% de PC, pero disminuyó en el de 12,5% de PC. Esto sugiere que los nucleótidos propician un mejor ambiente intestinal, lo que permite una mayor digestión de los aminoácidos y por ello, un mejor balance de AA en plasma, lo que conduce a una menor concentración de urea en plasma. Este resultado es consistente con otras investigaciones realizadas en este centro de investigación con cerdos en iniciación (Trujillo-Coutiño *et al.*, 2007), crecimiento (Figuroa *et al.*, 2004; Martínez-Aispuro *et al.*, 2009), y finalización (Figuroa *et al.*, 2004; Figuroa *et al.*, 2008).

Cabe señalar que hay poca literatura sobre la adición de nucleótidos en cerdos en crecimiento, por lo cual no hay un punto de comparación para la interacción de nucleótidos y el nivel de proteína.

## CONCLUSIONES

La adición de manano-oligosacáridos y nucleótidos a dietas con proteína estándar no mejora la respuesta productiva ni las características de la canal de cerdos en crecimiento. La inclusión de estos compuestos a dietas con baja proteína permite mantener la respuesta productiva y las características de la canal de cerdos en esta etapa. Se puede reducir la proteína de la dieta desde 16,5% hasta 12,5% sin afectar las variables evaluadas; además, esto permite la disminución de la concentración de urea en plasma, lo que indirectamente repercute en una menor excreción de nitrógeno en la orina.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis Association of Official Analytical Chemists. 15<sup>th</sup> ed. Arlington, VA. EUA.
- Baumler, A.J.; R.M. Tsois; F. Heffron. 1997. Fimbrial adhesions of *Salmonella typhimorium*. Role in bacterial interactions with epithelial cells. *Adv. Exp. Med. Biol.* 412: 149-158.
- Bourdon, D.; J.Y. Dourman; Y. Henry. 1995. Reduction des rejets azotes chez le porc en croissance par la mise en oeuvre de L'alimentation multiphase, associée a l'abaissement du taux azoté. *J. Rech. Porc Fr.* 27: 269-278.
- Bronk, J.R.; J.G. Hastewell. 1987. The transport of pyrimidines into tissue rings cut from rat small intestine. *J. Physiol.* 382: 475-488.
- Canh, T.T.; A.J.A. Aaimink; J.B. Schutte; A. Sutton; D.J. Langhout; M.W.A. Verstegen. 1998. Dietary protein affects nitrogen excretion and ammonia emission for slurry of growing-finishing pigs. *Livest. Prod. Sci.* 56: 181-191.
- Chaney, A.L.; E.P. Marbach. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clin. Chem.* 8: 130-132.
- Collet, H.; C. Blanco; F. Vásquez; R. Prieto; S. Bandel. 2001. Catecholamines stress biplanar transesophageal echocardiography. *Clin. Med.* 6: 13-18.
- Davis, M.E.; C.V. Maxwell; D.C. Brown; B.Z. Rodas; Z.B. Johnson; E.B. Kegley; D.H. Hellwing; and R.A. Devorak. 2002. Effects of dietary mannan-oligosaccharides and (or) pharmacological additions of copper sulfate on growth performance and immunocompetence of weanling and growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 80: 2887-2894.
- Fick, K.R.; L.R. McDowell; R.H. Miles; N.S. Wilkins; J.D. Funk; J.H. Conrad; R. Valdivia. 1979. Métodos de Análisis de Minerales para Tejidos de Plantas y Animales. 2<sup>da</sup>. edición. Departamento de Ciencia Animal, Universidad de Florida. Gainesville, EUA.
- Figuroa, J.L.; A.J. Lewis; P.S. Miller; R.L. Fischer; R.S. Gómez; R.M. Diedrichsen. 2002. Nitrogen metabolism and growth performance of gilts fed standard corn-soybean meal diets or low-protein, amino acid-supplemented diets. *J. Anim. Sci.* 80: 2911-2919.
- Figuroa, J.L.; A.J. Lewis; P.S. Miller; R.L. Fischer; R.M. Diedrichsen. 2003. Growth, carcass traits, and plasma amino acid concentration of gilts fed low-protein diets supplemented with amino acids including histidine, isoleucine, and valine. *J. Anim. Sci.* 81: 1529-1537.
- Figuroa-Velasco, J.L.; M. Cervantes-Ramírez; M. Cuca-García; M. Méndez-López. 2004. Respuesta de cerdos en crecimiento y finalización a dietas con baja proteína y energía. *Agrociencia* 38: 383-394.
- Figuroa, J.L.; M. Martínez; J.E. Trujillo; V. Zamora; J.L. Cordero; M.T. Sánchez-Torres. 2008. Plasma urea concentration and growth performance of finishing pigs fed sorghum-soybean meal, low-protein diets. *J. Appl. Anim. Res.* 33: 7-12.
- Fuller, M.F.; A. Cadenhead; G. Mollison; B. Seve. 1987. Effects of the amount and quality of dietary protein on nitrogen metabolism and heat production in growing pigs. *Brit. J. Nutr.* 58: 227-285.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. 4<sup>a</sup>. ed. México.
- Gibson, G.R.; E.R. Beatty; X. Wang; J.H. Cummins. 1995. Selective stimulation of bifidobacteria in the human colon by oligofructose and inulin. *Gastroenterology* 108: 975-982.
- Hansen, J.A.; D.A. Knabe; K.G. Burgoon. 1993. Amino acid supplementation of low-protein, sorghum-soybean meal diets for 20 to 50 kilograms swine. *J. Anim. Sci.* 71: 442-451.



- Kephart, K.B.; G.W. Sherritt. 1990. Performance and nutrient balance in growing swine fed low-protein diets supplemented with amino acids and potassium. *J. Anim. Sci.* 68: 1999-2008.
- Kerr, B. J.; R.A. Easter. 1995. Effect of feeding reduced protein, amino acid-supplemented diets on nitrogen and energy balance in grower pigs. *J. Anim. Sci.* 73: 3000-3008.
- Kerr, B.J.; J.T. Yen; J.A. Nienaber; R.A. Easter. 2003. Influences of dietary protein level, amino acid supplementation and environmental temperature on performance, body composition, organ weights and total heat production of growing pigs. *J. Anim. Sci.* 81: 1998-2007.
- Le Bellego, L.; J. van Milgen; S. Dubois; J. Noblet. 2001. Energy utilization of low-protein diets in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 79: 1259-1271.
- LeMieux, F.M.; L.L. Southern; T.D. Bidner. 2003. Effect of mannan-oligosaccharides on growth performance of weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 81: 2482-2487.
- Littell, R.C.; G.A. Milliken; W.W. Stroups; R.D. Wolfinger. 2004. SAS System for Mixed Models. SAS Publishing, Cary, EUA.
- MacDonald, P.; R.A. Edwards; J.F.D. Greenhalgh. 1998. *Nutrición Animal*. Acribia, México.
- Martínez-Aispuro, M.; J.L. Figueroa-Velasco; J.E. Trujillo-Coutiño; V. Zamora-Zamora; J.L. Cordero-Mora; M.T. Sánchez-Torres; L. Reyna-Santamaría. 2009. Respuesta productiva y concentración de urea en plasma de cerdos en crecimiento alimentados con dietas sorgo-pasta de soya con baja proteína. *Vet. Méx.* 40: 27-38.
- NPPC. 1991. Procedures to Evaluate Market Hogs. 3<sup>ra</sup> ed. National Pork Producers Council. Des Moines, EUA.
- NRC. 1998. Nutrient requirements of swine. National Research Council. 10<sup>th</sup> ed. National Academic Press, Washington, EUA.
- Newman, K.E.; M.C. Newman. 2001. Evaluation of mannan-oligosaccharides on the microflora and immunoglobulin status of sows and piglet performance. *J. Anim. Sci.* 79(Suppl. 1): 189 (Abstr.).
- Noblet, J.; H. Fortune; X.S. Shi; S. Dubois. 1994. Prediction of net energy value of feeds for growing pigs. *J. Anim. Sci.* 72: 344-354.
- Pettigrew, J.E. 2000. Bio-Mos effects on pig performance: A review. In Lyons, T.P.; K.A. Jacques (Eds.) Proceedings of Alltech's 16th Annual Symposium: Biotechnology in the Feed Industry. Nottingham University Press, Inglaterra. pp. 31-44.
- Roth, F.; M. Kirchgensener. 1999. The immune system. In D'Allaire, S. (Ed.) Diseases of Swine. Iowa State University Press, Ames, EUA. pp. 800-801.
- Rudolph, F.B. 1994. The biochemistry and physiology of nucleotides. *J. Nutr.* 124: 124-127.
- Sánchez-Pozo, A.; A. Gil. 2002. Nucleotides as semiessential nutritional components. *Brit. J. Nutr.* 87(Suppl. 1): S135-S137.
- Sanderson, I.R.; Y. He. 1994. Nucleotide uptake and metabolism by intestinal epithelial cells. *J. Nutr.* 124: 131-137.
- SAS. 1990. The SAS System for Windows. Statistical Analysis System. SAS Publishing, Cary, EUA.
- Sharon, N.; H. Lis. 1993. Carbohydrates in cell recognition. *Scient. Amer. Magaz.* 268: 82-89.
- Steel, D.R.G.; J.H. Torrie; D.A. Dickey. 1997. Principles and procedures of statistics: a biometrical approach. 3<sup>ra</sup> ed. McGraw-Hill Co. New York, EUA.
- Trujillo-Coutiño, J.E.; J.L. Figueroa-Velasco; M. Martínez-Aispuro; V. Zamora-Zamora; J.L. Cordero-Mora; M.T. Sánchez-Torres; M. Cuca-García; M. Cervantes-Ramírez. 2007. Concentración de urea en plasma y respuesta productiva de cerdos en iniciación alimentados con dietas sorgo-pasta de soya bajas en proteína. *Agrociencia* 41: 597-607.
- Zervas, S.; R.T. Zijlstra. 2002. Effects of dietary protein and fermentable fiber on nitrogen excretion patterns and plasma urea in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 80: 3247-3256.
- Zimmerman, D.R.; J.C. Sparks; C.M. Cin. 1997. Carryover responses to an intestinal hydrolyzate in weanling pig diets. *J. Anim. Sci.* 75(Suppl.1): 71 (Abstr.).