



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN
CIENCIAS AGRÍCOLAS**

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

GANADERÍA

**ADICION DE OLIGOMANANOS O NUCLEOTIDOS A DIETAS
CON BAJA PROTEINA PARA CERDOS EN FINALIZACION**

ANGELICA RIVERA URBINA

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO DE**

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO.

2008

ADICION DE OLIGOMANANOS O NUCLEOTIDOS A DIETAS CON
BAJA PROTEINA PARA CERDOS EN FINALIZACION

La presente tesis titulada: **“Adición de oligomananos o nucleótidos a dietas con baja proteína para cerdos en finalización”**, realizada por la alumna: **Angelica Rivera Urbina**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GANADERÍA

CONSEJO PARTICULAR:

Consejero _____
Dr. José Luis Figueroa Velasco

Asesor _____
Dr. Miguel Cervantes Ramírez

Asesor _____
Dr. Manuel Cuca García

Asesor _____
Dra. María Teresa Sánchez-Torres Esqueda

Montecillo, Texcoco, Estado de México, 2008.

RESUMEN

ADICION DE OLIGOMANANOS O NUCLEOTIDOS A DIETAS CON BAJA PROTEINA PARA CERDOS EN FINALIZACION

Angelica Rivera Urbina, M en C.

Colegio de Postgraduados 2008.

La porcicultura requiere de mayores ingresos y reducir la emisión de contaminantes. Para ello se debe aumentar la eficiencia en la utilización del alimento. Como alternativas se ha planteado el uso de promotores del crecimiento ó reducir el nivel de proteína en la dieta hasta por cuatro unidades porcentuales sin afectar la respuesta productiva; sin embargo, los resultados han sido inconsistentes. Por ello se realizaron dos experimentos para evaluar la respuesta productiva, las características de la canal, y la concentración de urea en plasma de cerdos machos castrados híbridos (YorkshirexDurocxDurocX Pietrain) en finalización, alimentados con dietas bajas en proteína adicionadas con prebióticos. En el experimento 1 se utilizaron 32 animales de 56.56 ± 5.17 kg de peso, alimentados con dietas estándar (14% PC) y con baja proteína (9.5% PC), y cuatro niveles de oligomananos (0%, 0.25%, 0.5% y 0.75%). En el experimento 2 se utilizaron 30 cerdos de 58.42 ± 5.42 kg de peso. En las dietas se evaluaron 3 niveles de proteína (14.1% 12.1% y 10.1%) con (0.75%) y sin inclusión de nucleótidos. En ambos experimentos el diseño fue completamente al azar usando el peso inicial como covariable. Las dietas se formularon con base a sorgo-pasta de soya, adicionadas con L-Lisina·HCl, L-Treonina, DL-Metionina y L-Triptófano hasta alcanzar los niveles recomendados por el NRC (1998); la EM fue de 3.265 Mcal/kg y la duración de cada experimento fue de 35 días. Las variables analizadas fueron: ganancia diaria de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia, ganancia de carne magra, peso final, grasa dorsal, área del músculo *longissimus*, porcentaje de carne magra, y concentración de urea en plasma. Se observó que al disminuir la proteína de la dieta por más de 2% se disminuye la ganancia diaria de peso, el consumo de alimento, el peso final, la ganancia de carne magra, e incrementa la conversión alimenticia. El área del músculo *longissimus* se redujo al disminuir a 9.5% PC, y la grasa dorsal aumentó al reducir el nivel de proteína al 12%. La concentración de urea en plasma se redujo conforme se disminuyó la proteína. Los resultados indicaron que la adición de oligomananos o nucleótidos no mejora las variables analizadas en cerdos alimentados con baja proteína; la reducción de la PC en la dieta de cerdos en finalización afecta el comportamiento productivo, la calidad de la canal y la concentración de urea en plasma.

Palabras clave: cerdos en finalización, baja proteína, oligomananos, nucleótidos.

ABSTRACT

ADDITION OF MANANOLIGOSACCHARIDES OR NUCLEOTIDES TO LOW- PROTEIN DIETS FOR FINISHING SWINE

Angelica Rivera Urbina, M en C.

Colegio de Postgraduados 2008.

The pig production requires higher revenues and reducing the emission of pollutants. For that purpose it should increase the feed efficiency. The use of growth promoters has been an alternative to improve pig efficiency, as well as the reduction of dietary protein level up to four percentage units without affecting growth performance; however, results had been inconsistent. Two experiments were conducted to evaluate the growth performance, carcass characteristics, and plasma urea nitrogen concentration of finishing pigs fed low-protein, sorghum-soybean meal diets supplemented with prebiotics. In Experiment 1, 32 hybrid (YorkshirexDurocxD Pietrain) finishing (56.56 ± 5.17 kg of body weight) barrows were fed standard (14% PC) or low-protein (9.5% PC) diet, and four mannan-oligosaccharides levels (0%, 0.25%, 0.5% and 0.75%). In the experiment 2, 30 hybrid (YorkshirexDurocxD Pietrain) finishing (58.42 ± 5.42 kg) barrows were fed three protein levels (14.1%, 12.21%, and 10.1%) with (0.75%) or without nucleotides addition. In both experiments a completely randomized design was used, and the initial body weight was used as a covariate. The diets were formulated on sorghum-soybean meal basis, and were supplemented with L-Lysine·HCl, L-Threonine, DL-Methionine and L-Tryptophan to meet the NRC (1998) recommended levels. Both experiments lasted 35 d. The analyzed variables were: average daily gain, average daily feed intake, feed:gain ratio, fat free lean gain, final body weight, backfat thickness, *longissimus* muscle area, lean meat percentage, and plasma urea nitrogen concentration. It was observed that diminishing the dietary protein level more than two percentage units, the average daily gain, average daily feed intake, final body weight, and fat free lean gain were reduced, and the feed:gain ratio increased. The *longissimus* muscle area decreased when PC was reduced up to 9.5%, and backfat thickness increased when CP was reduced to 12%. The plasma urea nitrogen concentration decreased as dietary CP was reduced. These results indicate that the addition of mannan-oligosaccharides or nucleotides to standard or low-protein diets do not improve the analyzed variables in finishing pigs; however, the reduction of PC affects the growth performance, carcass characteristics, and plasma urea nitrogen concentration of finishing pigs.

Words key: Finishing barrows, low-protein diets, mannan-oligosaccharides, nucleotides.

Dedicatoria

A mi creador: por hacerme parte de su universo, por ser mi amigo, mi maestro y mi Dios.

A mi familia:

Mis padres: Adelina Urbina y Mario Rivera, por su amor y dedicación en mi formación tanto intelectual como moral, y por que gracias a ellos continúo alcanzando las metas que anhelo.

Mis hermanos Carolina y Guillermo, y a mis amados sobrinos Gustavo, Germán, Aarón y Bruno por el amor y la ayuda que siempre me han brindado.

A mis amigos:

Mis queridos nahuales, por su compañerismo y amistad. Y muy en especial a Yosa, Emanuel y Juan, por su invaluable apoyo.

Erika, Karla, Claudia, Susy (+), Violeta (+). Gracias por su apoyo, por confiar en mí y por enseñarme que el cariño y los buenos deseos trascienden tiempo y espacio.

A CCA/OA Texcoco: gracias por estar conmigo, por creer en mi, y por que juntos logramos lo que jamás soñé lograr yo sola.

Angelica Rivera Urbina.

AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Postgraduados, primordialmente al Programa de Ganadería por el apoyo académico brindado para mi formación profesional.

Al CONACyT, por el apoyo económico brindado durante el desarrollo de esta maestría.

Al Ph. D. José Luis Figueroa Velasco, por la oportunidad de ingresar, el apoyo, las enseñanzas, sus consejos y su tolerancia durante mi estancia en el Colegio de Postgraduados.

A la Dra. María Teresa Sánchez-Torres Esqueda, por sus observaciones y sugerencias para mejorar este trabajo de tesis. Además, por sus palabras de aliento y apoyo para realizar esta maestría.

Al Dr. Juan Manuel Cuca García, por sus observaciones, correcciones y sugerencias hechas para el mejoramiento de esta tesis.

Al Ph. D. Miguel Cervantes Ramírez, por sus comentarios y orientación para el desarrollo de ésta tesis.

Al MVZ José Luis Cordero Mora, por su colaboración y trabajo brindado durante la realización de la fase de campo del experimento.

Al personal de laboratorio de nutrición, por su apoyo para llevar a cabo los análisis correspondientes a este trabajo de investigación.

CONTENIDO

Índice de cuadros	ix
Índice de gráficas.....	x
Índice de figuras	xi
Lista de abreviaturas	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1. Perspectiva de la producción porcina	2
2.1.1. Panorama internacional.....	2
2.1.2. Panorama nacional.....	3
2.2. Dietas con baja proteína	6
2.2.1. Proteína ideal	7
2.2.2. Reducción del nivel proteico.....	9
2.2.3. Respuesta productiva de cerdos en finalización alimentados con dietas bajas en proteína	11
2.2.4. Reducción de nitrógeno en excretas de cerdos alimentados con dietas de baja proteína	12
2.2.5. Urea en plasma de cerdos alimentados con dietas con baja proteína	14
2.3. Aditivos.....	14
2.3.1. Antibióticos promotores del crecimiento.....	15
2.3.2. Oligomananos	16
2.3.3. Nucleótidos.....	19
III. JUSTIFICACIÓN.....	25
IV. OBJETIVOS	26
V. HIPÓTESIS	26
VI. MATERIALES Y METODOS	27
6.1. Tratamientos evaluados.....	27
6.2. Variables evaluadas.....	28

6.3. Material experimental y manejo de los animales	29
6.4. Análisis de laboratorio	32
6.5. Análisis estadístico y diseño experimental.....	32
VII. RESULTADOS	35
7.1. Experimento 1 (oligomananos)	35
7.2. Experimento 2 (nucleótidos)	38
VIII. DISCUSIÓN	41
8.1. Adición de oligomananos o Nucleótidos	41
8.2. Respuesta productiva	41
8.3. Características de la canal	43
8.4. Concentración de urea en plasma	44
IX. CONCLUSIONES.....	45
X. LITERATURA CITADA.....	46
XI. ANEXOS	58
ANEXO A. Balance de carne de porcino y productos porcícolas en México...	58
ANEXO B. Gráficas de las variables con diferencia significativa	59
ANEXO C. Programas de SAS para el análisis estadístico de los datos	68

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Perfil de aminoácidos para formular dietas con base a proteína ideal para cerdos con tres diferentes pesos.....	8
Cuadro 2.	Nivel de proteína cruda (%PC), energía metabolizable, y de oligomananos (Exp.1) o nucleótidos (Exp. 2), en las dietas para cerdos en finalización.....	28
Cuadro 3.	Composición (%) de las dietas experimentales para cerdos en finalización (50-80 kg peso vivo) adicionadas con oligomananos (Exp. 1).....	30
Cuadro 4.	Composición (%) de las dietas experimentales para cerdos en finalización (50-80 kg peso vivo) adicionadas con nucleótidos (Exp. 2).....	31
Cuadro 5.	Comportamiento productivo de cerdos machos castrados en finalización, alimentados con dietas con dos niveles de proteína y cuatro niveles de oligomananos.....	36
Cuadro 6.	Características de la canal y concentración de urea en plasma en cerdos machos castrados en finalización, alimentados con dietas con dos niveles de proteína y cuatro niveles de oligomanano.....	37
Cuadro 7.	Comportamiento productivo de cerdos machos castrados en finalización, alimentados con dietas con tres niveles de proteína y dos niveles de nucleótidos.....	39
Cuadro 8.	Características de la canal y concentración de urea en plasma en cerdos machos castrados en finalización, alimentados con dietas con tres niveles de proteína y dos niveles de nucleótidos.	40

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1.	Promedio de la ganancia diaria de peso por semana para cada tratamiento del Exp. 1 (OM).....	59
Gráfica 2.	Promedio de la ganancia diaria de peso por efecto del nivel de proteína en el Exp. 1 (MOS).....	59
Gráfica 3.	Promedio del consumo diario de alimento por semana para cada tratamiento del Exp. 1 (OM).....	60
Gráfica 4.	Promedio del consumo diario de alimento por efecto del nivel de proteína en el Exp. 1 (OM).....	60
Gráfica 5.	Promedio de la conversión alimenticia por semana para cada tratamiento del Exp. 1 (OM).....	61
Gráfica 6.	Promedio de la conversión alimenticia por efecto del nivel de proteína en el Exp. 1 (OM).....	61
Gráfica 7.	Promedio del peso vivo final en cada tratamiento y efecto por nivel de proteína en Exp. 1 (OM).....	62
Gráfica 8.	Promedio de la ganancia de carne magra en cada tratamiento y efecto por nivel de proteína en Exp. 1 (OM).....	62
Gráfica 9.	Promedio del área de músculo longisimos final en cada tratamiento y efecto por nivel de proteína del Exp. 1 (OM).....	63
Gráfica 10.	Promedio de la concentración de urea en plasma por tratamiento y efecto por nivel de proteína en Exp. 1 (OM).....	63
Gráfica 11.	Promedio de la ganancia diaria de peso por semana para cada tratamiento del Exp. 2 (NUC).....	64
Gráfica 12.	Promedio de la ganancia diaria de peso por efecto del nivel de proteína en el Exp. 2 (NUC).....	64
Gráfica 13.	Promedio del consumo diario de alimento por semana para cada tratamiento del Exp. 2 (NUC).....	65

Gráfica 14.	Promedio del consumo diario de alimento por efecto del nivel de proteína en el Exp. 2 (NUC).....	65
Gráfica 15.	Promedio del peso vivo final en cada tratamiento y efecto por nivel de proteína en Exp. 2 (NUC).....	66
Gráfica 16.	Promedio de la ganancia de carne magra en cada tratamiento y efecto por nivel de proteína en Exp. 2 (NUC).....	66
Gráfica 17.	Promedio de la grasa dorsal final en cada tratamiento y efecto por nivel de proteína del Exp. 2 (NUC).....	67
Gráfica 18.	Promedio de la concentración de urea en plasma por tratamiento y efecto por nivel de proteína en Exp. 2 (NUC).....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Membrana Plasmática.....	17
Figura 2.	Mecanismo de acción de oligomananos.....	18
Figura 3.	Síntesis de novo de bases nitrogenadas.....	20
Figura 4.	Síntesis de salvamento	21
Figura 5.	Digestión y absorción de ácidos nucleicos y sus productos derivados.....	22
Figura 6.	Micrografía electrónica de la levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	24

LISTA DE ABREVIATURAS

AA	=	Aminoácidos sintéticos.
AAE	=	Aminoácidos esenciales.
AA NE	=	Aminoácidos no esenciales.
AML	=	Área de músculo <i>longissimus</i> .
APC	=	Antibióticos promotores de crecimiento.
CA	=	Conversión alimenticia.
COA	=	Consumo de alimento.
% CM	=	Porcentaje de carne magra.
DE	=	Dietas estándar.
DB	=	Dietas con baja proteína.
EM	=	Energía metabolizable.
GCM	=	Ganancia de carne magra.
GDF	=	Grasa dorsal final.
GDP	=	Ganancia diaria de peso.
N	=	Nitrógeno.
NH ₃	=	Amoníaco.
NUC	=	Nucleótidos.
OM	=	Oligomananos
PF	=	Peso final
PC	=	Proteína cruda.
T	=	Tratamiento.
UREA	=	Concentración de urea en plasma.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos 10 años la porcicultura mexicana ha sufrido una fuerte desaceleración en su crecimiento (ver Anexo A). Se estimó que durante el 2006 aumentaría sólo 2.3% con respecto al año anterior. Esto es consecuencia de la baja rentabilidad que han alcanzado los productores.

Los costos de producción juegan un papel importante en la baja rentabilidad, debido a los fuertes incrementos de los ingredientes y otros insumos que conforman, en el sistema tecnificado, más del 50% de los costos totales de producción y en el semitecnificado más del 60% (Gallardo, 2006).

Además, la porcicultura se mantiene como la segunda área demandante de granos forrajeros y la tercera demandante de pastas oleaginosas dentro del sector pecuario. El rubro por alimentación creció 12.9% en explotaciones tecnificadas y 10.9% en las semitecnificadas (Gallardo, 2004).

Con base en lo anterior, la producción porcícola actual requiere mayor eficiencia en la utilización del alimento, con el fin de que dicha producción sea más económica y aumente la competitividad de los productores en el mercado nacional e internacional. Esto, desde luego, dentro de un ámbito sostenible cuidando los factores que afectan el medio ambiente.

Por lo tanto, es importante estimular la búsqueda de mejores combinaciones entre los ingredientes ya conocidos y la evaluación de nuevos aditivos que puedan reducir los costos, y mejorar la utilización del alimento. Este es el caso de la utilización de prebióticos en dietas para animales domésticos. Dentro de la producción de cerdos, la adición de nucleótidos u oligomananos podrían ayudar a mejorar las variables productivas y al mismo tiempo reducir el uso de los antibióticos dado las recientes restricciones en su uso.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. PERSPECTIVA DE LA PRODUCCIÓN PORCINA

2.1.1. PANORAMA INTERNACIONAL

A nivel mundial la producción de carne de porcino se encuentra altamente concentrada, aportando 8 naciones el 84% del total mundial. Según la cifras registradas hasta marzo de 2006, China es el mayor productor con 52 millones de toneladas (ton), seguido por la Unión Europea (21.52 millones ton) y EUA con 9.632 millones de ton. En los siguientes lugares se ubican, Brasil (2.775 millones ton, con la mayor tasa de crecimiento anual) y Canadá (1.916 millones de ton). (FAO/FAOSTAT, 2007).

Los Estados Unidos de América (EUA) son el segundo país exportador, y el principal hacia México, con más de 85% del volumen que llega a nuestro país. Su mayor mercado es Japón y el segundo México. Además de la competitividad de sus productos, provenientes de empacadoras con mucho poder económico y alta tecnología, hacen campañas para acelerar su entrada al mercado mexicano, a través de la US Meat Export Federation.

Otro de los países con alta competitividad, particularmente en cuanto al costo de producción, es Brasil. Por esa razón y por sus inversiones para modernizarse y aumentar su capacidad y sus ventas, sus exportaciones crecen con rapidez. Su exportación esperada se calcula en 330 mil toneladas por año.

La exportación de Canadá va en aumento, reflejando su competitividad debida en gran parte a la disponibilidad de granos baratos. Desde el año 2000 es el país con más exportaciones, pronosticándose 815,000 toneladas por año, que se dirigen principalmente a los Estados Unidos (60%), sobre todo como lechones para engorda, unos 6 millones anuales, aunque va creciendo su exportación de carne. Es el segundo exportador hacia México, si bien aún muy distante de los Estados Unidos (Iruegas, 2003).

2.1.2. PANORAMA NACIONAL

México se sitúa como el décimo productor a nivel mundial de carne de cerdo según los reportes más recientes de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Durante el 2006, la producción nacional estimada fue de 1,112,800 ton (Gallardo, 2006).

En los últimos 10 años los sistemas de traspatio y semitecnificados contribuían con la mayor parte de la producción porcícola nacional con 40 y 30% respectivamente. Actualmente, la planta porcícola nacional se concentra en un reducido número de productores, los cuales disponen de explotaciones con infraestructura y equipamiento moderno, buen manejo genético y reproductivo, adecuada nutrición, el establecimiento de programas zoonosológicos integrales que les confiere mayor productividad y competitividad, y mayor participación con los eslabones de transformación, aumentando la integración de cadenas de comercialización estatales o regionales (Iruegas, 2003).

Más del 75% de la producción está concentrada en 8 entidades federativas. El 40% de la producción la aportan Sonora y Jalisco, el 35% Yucatán, Guanajuato, Puebla, Veracruz, Michoacán y el Estado de México (SIAP/SAGARPA, 2007).

Sonora y Yucatán son las entidades con mayor crecimiento en la actividad, debido a la consolidación de grupos empresariales integrados, al incremento de exportaciones, a una buena sanidad que se traduce en el libre tránsito de su producción, menores gastos, menor mortalidad, y substancialmente a un mayor acceso a insumos nacionales y de importación.

La base de la alimentación de los cerdos son los granos forrajeros y las oleaginosas. Los granos, como parte fundamental de la alimentación, representan más de 60% del contenido de la ración. Los principales son el sorgo y el maíz cuya preferencia depende de los niveles de ofertas y precio.

La porcicultura se mantiene como la segunda área demandante de granos forrajeros dentro del sector pecuario absorbiendo más del 22% de la demanda.

El uso de maíz como ingrediente compite con el consumo humano dentro de un panorama donde la producción nacional no se da abasto para cubrir la demanda, lo que conlleva a la importación negociando en el marco de los acuerdos comerciales de México, autorizándose importaciones de maíz para el sector ganadero en forma complementaria a la oferta de otros granos. Durante el 2005 el INPP¹ para el maíz aumentó 1.2%, su consumo total² fue de 19,223,900 ton, de las cuales 4,609,000 se destinaron para consumo pecuario. La producción nacional alcanzó 12,564,400 ton, por lo que fue necesario importar de EUA, 5,683,800 ton, que además entran al territorio sin pagar impuestos (SIAP/SAGARPA, 2007).

Con respecto al sorgo, aunque casi su totalidad se destina para consumo animal, tampoco somos autosuficientes. Durante el 2006 su INPP incrementó 0.8%, el consumo total fue de 11,686,600 ton de las cuales 11,340,600 ton se destinaron a la elaboración de alimento para animales. La producción nacional alcanzó 7,243,900 ton, por lo que fue necesario importar de EUA 2,140,400 ton (SIAP/SAGARPA, 2007).

Otros ingredientes importantes para de la porcicultura son las pastas oleaginosas. Estas materias primas son fuentes de proteína de alta calidad, así como las harinas de carne y pescado. Sin embargo, la necesidad de agregar aceites a las raciones y la dificultad para el abasto de pastas, a la par de la evolución de la tecnología, motivó el uso de oleaginosas integrales, principalmente soya, con excelentes resultados.

El consumo de pastas oleaginosas por parte de la porcicultura, representa el 19.4% del consumo total, siendo superada por la producción avícola de carne y huevo.

¹ Índice Nacional de Precios al Productor.

² Consumo total nacional incluyendo al destinado para humanos, pecuario, e industrial.

Durante el 2004, el precio de la pasta de soya aumentó 20% según el INPP. Si bien en el 2005 mostró una disminución del 5.5%, continua siendo el ingrediente más caro dentro de la formulación. El consumo total en 2006 fue de 4,222,900 ton, de las cuales, para consumo pecuario se destinaron 3,924,100. La producción nacional alcanzó 2,760,100 ton y se importaron de EUA 1,167,900 ton. El INNP aumentó 2.2% (SIAP/SAGARPA, 2007).

Esta insuficiencia de insumos alimenticios encarece los costos de producción, los cuales, además, están principalmente integrados por costos financieros, de operación y medicamentos; y que durante el 2005 promediaron \$17.50 por kg de cerdo en pie para el sistema semitecnificado, y \$12.50 por kg de cerdo en pie para el tecnificado.

Si se toma en cuenta que el precio de venta en pie a puerta de granja durante el mismo año promedió \$15.38 por kg y \$16.40 por kg en rastro, se reflejó una relación costo:beneficio máximo de aproximadamente \$1.15 para el sistema tecnificado, y para el semitecnificado cantidades variables de pérdida (Gallardo, 2006).

Por otra parte, el consumo nacional aparente de carnes en México sitúa el de carne de cerdo en 25% con 1,629,253 ton y un consumo per cápita de 15.6 kg al año. El aumento en consumo ha sido constante en los últimos 10 años. Desgraciadamente, esta demanda se ha venido cubriendo con carne de cerdo de importación (ver Anexo 1) que entra al país libre de aranceles. En el 2006 se estimó un volumen de importación de 612,000 ton.

Las cuotas arancelarias pretenden equiparar los precios de venta del exportador (EUA) y los costos de producción del importador (México). De tal modo que en 1994 se estableció que la cuota compensatoria sería del 50% de los costos de producción del exportador. Actualmente el intercambio de carne porcina es unilateral, en el 2002 los aranceles eran de 0.35 dólares por kg de carne; en el 2003 se revocaron dichos aranceles. El costo por kg de carne de cerdo en EUA

reportado para el 2005 es de \$9.30. Los costos de producción en México oscilan entre \$17.50 y \$12.50 pesos por kg (CNG/SIAP, 2007).

Con respecto a las exportaciones, en el 2005 se consolidaron varias empresas mexicanas como proveedoras de los mercados japonés y coreano, lo que permitió que las exportaciones se incrementaran en 35.2%, para situarse en 38,300 toneladas. Esto gracias al apoyo del gobierno de Japón y Bancomext, quienes promovieron el empleo de tecnología de punta, mejoras a la infraestructura y sistemas de producción. Los productores formaron sociedades y se diversificaron en la cadena de producción con plantas de alimento y procesadoras de derivados porcinos y a las preferencias arancelarias por parte del gobierno de Japón para carne mexicana (Gallardo, 2006).

Para el 2006 se estableció un estimado de crecimiento de las exportaciones que alcanzaría las 45,000 toneladas. Por lo tanto es imperante la búsqueda de alternativas que mejoren la producción, disminuyan la dependencia por insumos de importación y nos permitan recuperar la competitividad dentro de los mercados en expansión.

2.2. DIETAS CON BAJA PROTEINA

Debido a que la alimentación representa el costo de producción más elevado, la rentabilidad de cualquier sistema de producción porcina depende directamente de la conversión alimenticia.

La producción animal provee proteína de alta calidad para la alimentación humana, para lo cual se debe alimentar animales con proteína de alta calidad y en las cantidades adecuadas. Por un lado subalimentar a los animales reduce la productividad pues demerita la calidad de la canal; por otro lado, la provisión excesiva de nutrimentos puede ser más costosa que las deficiencias, ya que se limita la producción bajando el consumo, la ganancia diaria de peso y el rendimiento de la canal (Chen *et al.*, 1999) y además el costo del alimento será

mayor. Por lo tanto, el reto consiste en satisfacer los requerimientos de los animales.

Se han desarrollado diversas formas de evaluar la calidad de la proteína, actualmente se maneja el término de valor biológico que está relacionado con la cantidad de aminoácidos limitantes aportados por los ingredientes y su digestibilidad (Sahagún, 1997).

2.2.1. PROTEINA IDEAL

Es importante resaltar la diferencia entre digestibilidad y disponibilidad de los aminoácidos. Digestibilidad determina la diferencia entre la cantidad de aminoácidos ingeridos y la cantidad de aminoácidos excretados. Disponibilidad se refiere a la cantidad de aminoácidos que es digerida, absorbida y utilizada para la síntesis de proteína (Machado y Penz, 1993). Por lo tanto al formular se deben considerar la porción digestible para establecer un rango de seguridad de la correcta utilización de los aminoácidos y el nitrógeno aportado, evitando así los desequilibrios, excesos y deficiencias, y considerar la información sobre la eficiencia de retención de aminoácidos por el organismo, lo que permite establecer un requerimiento más preciso sobre su digestibilidad y balance exacto. Con ello surge la posibilidad de elaborar perfiles nutricionales bajo el concepto de “Proteína Ideal”.

Este concepto se refiere a la cantidad relativa de aminoácidos esenciales necesarios para depositar un gramo de tejido magro, la cual debe ser la misma en cada caso, ya que se mantiene una relación constante para animales de cualquier potencial genético, aunque sus requerimientos sean diferentes dependiendo de edad, sexo, raza o su capacidad para depositar tejido magro. Por ello es factible determinar el balance óptimo de aminoácidos esenciales que al adicionarse con suficiente nitrógeno, serán capaces de satisfacer, sin deficiencias ni excesos, las necesidades absolutas de todos los aminoácidos requeridos para el mantenimiento y una máxima deposición muscular. Cada aminoácido se expresa

como porcentaje con relación a otro aminoácido de referencia, en el caso de los cerdos es la lisina. Con esto, es posible mantener, y conservar una calidad de proteína similar, para cubrir las necesidades fisiológicas y productivas del animal (Baker *et al.*, 1995; Baker, 1997).

La nutrición porcina es el área más avanzada en la utilización de conceptos de Proteína Ideal y digestibilidad de aminoácidos. Baker (1996) propuso un perfil ideal para la proteína (Cuadro 1), el cual se ha utilizado desde hace algunos años. Este refiere a la lisina como primer aminoácido limitante para el requerimiento de la población, por lo que se utiliza como aminoácido de referencia (lisina=100) y las necesidades de los otros aminoácidos se expresan en valores relativos a la lisina (Castañeda *et al.*, 1995).

Cuadro 1. Perfil de aminoácidos para formular dietas con base a proteína ideal para cerdos con tres diferentes pesos

AMINOÁCIDOS	PATRÓN IDEAL, % DE LISINA		
	5 a 20 kg	20 a 50 kg	50 a 110 kg
Lisina	100	100	100
Treonina	65	67	70
Triptófano	17	18	19
Metionina + cistina	60	62	65
Isoleucina	60	60	60
Valina	68	68	68
Leucina	100	100	100
Fenilalanina + tirosina	95	95	95
Arginina	42	36	30
Histidina	32	32	32

Tomado de Baker (1996).

Sin embargo, algunos autores sugieren que el perfil ideal exacto sí varía dependiendo del sexo, edad, genotipo y función productiva del animal y a demás no se toman en cuenta factores que pueden influir en el consumo del animal, como la temperatura ambiental o el nivel de energía, o las diferentes digestibilidades de los ingredientes utilizados para formular (Ferket *et al.*, 2002; Leclercq, 2002; Rotz, 2004).

La proteína ideal para cerdos puede calcularse con base en aminoácidos digestibles o totales. La proteína ideal con base en aminoácidos digestibles se obtiene usando los valores de digestibilidad ileal verdadera de los aminoácidos, ya que estos representan una estimación adecuada de los aminoácidos digestibles (NRC, 1998). A pesar de ser factible formular bajo el concepto de proteína ideal resulta muy costoso pues se requiere de muchos ingredientes para alcanzar el perfil de aminoácidos ideal o disponer de todos los aminoácidos en forma sintética, lo cual actualmente no es posible ya que son pocos los aminoácidos sintéticos en el mercado. No obstante, la proteína ideal puede resultar de utilidad en la formulación de dietas con menor contenido de proteína total, cubriendo las necesidades sólo de los aminoácidos limitantes sin afectar tanto el costo de la dieta (Gómez *et al.*, 2002).

2.2.2. REDUCCIÓN DEL NIVEL PROTEICO

La pasta de soya es un ingrediente comúnmente usado en la formulación de dietas para cerdos, a pesar de que su costo es muy elevado en comparación con el sorgo. Con el fin de disminuir su inclusión, se han desarrollado dietas con niveles de proteína cruda por debajo del estándar recomendado. En general los resultados de las investigaciones indican beneficios económicos y productivos, quizás por cubrir mejor el aporte de aminoácidos esenciales en la dieta (Schutte, 1989; Baker, 1995; Myer *et al.*, 1996; Nico y Hans, 1999).

Es importante destacar que ofrecer dietas con muy bajos niveles de proteína aunque adicionadas con aminoácidos sintéticos, puede disminuir el

desempeño productivo si no se considera un balance óptimo entre los aminoácidos esenciales (AAE) y los no esenciales (AANE). Esto es debido a que los AAE son ineficientes en suministrar el nitrógeno requerido para la síntesis de los AANE. La desaminación de los AAE incrementa la producción de los AANE como la Glutamina y la Asparagina, de los cuales los excesos son excretados como urea. Y aunque esto ocurra, un nivel bajo de AANE aumenta la reutilización del nitrógeno de los AAE para la síntesis de los AANE, generando desequilibrios y menor crecimiento en los animales.

Cuando los aminoácidos se consumen en exceso, experimentan la pérdida de sus grupos amino, cuyo nitrógeno debe excretarse, y sus esqueletos carbonados residuales pueden seguir dos destinos: gluconeogénesis y su oxidación a través del ciclo de los ácidos tricarboxílicos, reduciéndose al mínimo la excreción de nitrógeno. Ambos procesos resultan muy costosos desde el punto de vista metabólico ya que hay mayor gasto energético para el mantenimiento a expensas del crecimiento. La oxidación de la proteína incrementa las pérdidas de energía metabólica por la orina, e incrementa la producción de calor. Al exceder los niveles proteicos en la dieta, se incrementan estas pérdidas energéticas, decrece la energía metabolizable en porcentaje de la energía digestible y decrece la eficiencia de utilización de energía metabolizable, resultando todo esto en una menor oferta de energía neta. Se demostró que el total de pérdida de energía a partir de proteína catabolizada es de 48.5 a 50% de la energía de la proteína (Just, 1982; Chung y Baker, 1992; Guerrero, 1999; Lenis *et al.*, 1999).

Consecuentemente se debe tener especial cuidado con los niveles de la proteína en la dieta ajustando la relación de los aminoácidos a un perfil ideal, para evitar deficiencias y excedentes y la consecuente producción de energía a partir de aminoácidos.

2.2.3. RESPUESTA PRODUCTIVA DE CERDOS EN FINALIZACIÓN ALIMENTADOS CON DIETAS BAJAS EN PROTEINA

Cerdos en finalización alimentados con proteína de mala calidad han presentado buena ganancia de peso cuando se adiciona o reemplaza parte del concentrado proteico (pasta de soya, pasta de girasol, harina de pescado, etc.), con lisina sintética (L-lisina·HCl). De estos resultados partió la idea de disminuir el contenido proteico 3 unidades porcentuales con respecto al estándar (14.5%). Primero se ofrecieron raciones con 11.5 % PC adicionadas con lisina y la respuesta productiva fue similar a la de los cerdos testigo (Braude *et al.*, 1972; Marín y Corley, 1984; Myer *et al.*, 1996).

Posteriormente se probó reducir el nivel de proteína en 4 unidades porcentuales adicionando además de lisina, triptófano, treonina, metionina, isoleucina y valina sintéticos, obteniéndose resultados contradictorios. Algunos autores concluyen que la complementación con dichos aminoácidos implica una mejor respuesta productiva (ganancia diaria de peso, eficiencia alimenticia), área del músculo longissimus, porcentaje muscular y menor cantidad de grasa dorsal en comparación con las dietas sin adición de aminoácidos (Kerr *et al.*, 1995). Por el contrario, otros autores observaron que con dicha reducción de proteína se demeritó la tasa de crecimiento, consumo de alimento, eficiencia alimenticia y la calidad de la canal (mayor grasa dorsal), debido, probablemente, a deficiencias de otros aminoácidos esenciales y otros nutrientes. Por lo cual concluyeron que la reducción del contenido proteico en dietas para cerdos en finalización (55 a 100 Kg) es eficiente hasta 12.8% (Tuitoek *et al.*, 1997; Gómez *et al.*, 2002).

Sin embargo, se ha logrado disminuir la proteína de la dieta hasta 3.5 unidades porcentuales sin afectar el comportamiento productivo, si además de adicionar lisina, triptófano, treonina, metionina, isoleucina y valina sintéticos, se reduce levemente el contenido energético de la dieta (de 2650 Kcal/kg a 2617 Kcal/kg de EN). La reducción hasta 4 puntos porcentuales con la misma adición de AA sintéticos ayuda a reducir los efectos negativos del estrés calórico sobre el

consumo de alimento, aunque aumenta la deposición de grasa por disminución en la pérdida de energía en heces e incremento en la retención corporal de energía metabolizable. Ante dicha problemática se intentó reducir el nivel de energía metabolizable (de 3265 a 3165 y 3065 Kcal/kg) en hembras, lo que redujo la ganancia diaria de peso (GDP), el peso final y la ganancia de carne magra (GCM), aumentó la conversión alimenticia; en machos hubo una mejor calidad de la canal con mayor ganancia de carne magra y área del músculo longissimus (Knowles *et al.*, 1998; Le Bellego *et al.*, 2002; Figueroa *et al.*, 2004).

Además de reducir 4% PC mediante la adición de lisina, metionina, treonina, triptófano, isoleucina y valina, también se adicionó fibra a la dieta (10%), con lo cual no se afectó la respuesta productiva y ni la calidad de la canal, y se redujo considerablemente la cantidad de N excretado tanto en heces como en orina (Shriver *et al.*, 2003).

2.2.4. REDUCCIÓN DE NITROGENO EN EXCRETAS DE CERDOS ALIMENTADOS CON DIETAS DE BAJA PROTEÍNA

Los desechos producidos por la actividad pecuaria generan compuestos que contribuyen al cambio climático (CO₂, CH₄, NH₃, etc.). Mucho del N excretado está en forma de amoníaco, que afecta severamente la salud de animales y personas. Se ha correlacionado el deterioro de la capacidad pulmonar, artritis, abscesos, rinitis atrófica y mayor propensión al síndrome de estrés porcino con la exposición a NH₃ a partir de 25 ppm (Donham *et al.*, 1985; Donham 1990; Robertson *et al.*, 1990).

Gran parte del olor del estiércol y orina se deben a la proteína excretada y otras formas de N no degradado (Gralapp *et al.* 2002). La cantidad de N excretado por los cerdos está influenciado por tres factores: la cantidad de N consumido, la eficiencia del animal al utilizar el N dietético para sus funciones vitales, y la cantidad de N endógeno (N excretado del mantenimiento); poco puede hacerse

para influir sobre éste último factor, pero se puede disminuir el consumo de N y aumentar la eficiencia de utilización; por lo cual las empresas porcinas han renovado el interés sobre las dietas de baja proteína como una alternativa para reducir N y NH₃ (Gropp 1989; Hobbs *et al.*, 1996; Sutton *et al.*, 1999).

NRC (1998) reportó que una mejora en la eficiencia alimenticia del 0.1% se refleja en una reducción del 3% de N en excretas de porcinos en finalización. Reducir el contenido proteico de 2 a 5 puntos porcentuales, con su respectiva adición de aminoácidos sintéticos, produce una disminución de 20 a 50 % en la excreción de N manteniendo el potencial productivo (Pierce *et al.*, 1994; Bridges *et al.*, 1995; Carter *et al.*, 1996; Sutton *et al.*, 1999; Prince *et al.*, 2000; Le Bellego *et al.*, 2002; Shriver *et al.*, 2003). Un mejor balance de aminoácidos mejora la respuesta productiva porque requiere menos energía para la síntesis de urea necesaria para eliminar el nitrógeno proveniente de los excesos de aminoácidos en dietas estándar (Gómez *et al.*, 2002; Otto *et al.*, 2003).

En general se ha estimado que la reducción de una unidad porcentual en la proteína dietética produce una reducción de 8.5 a 12.5 % en la excreción de N, que se refleja en un 30 a 50% menos olor (Kerr *et al.*, 1995; Canh *et al.*, 1998; Dourmad *et al.*, 1999; Lenis *et al.*, 1999; Figueroa *et al.*, 2002; Klopfenstein *et al.*, 2002; Le Bellego *et al.*, 2002).

Ante la problemática actual, es vital llevar a la práctica todas aquellas opciones que conlleven al mantenimiento del equilibrio ambiental. Por lo tanto se necesitan investigaciones prácticas y demostraciones que convencan a los productores de aplicar el conocimiento sobre dietas bajas en proteína para reducir la excreción de N hasta donde sea posible sin mermar su economía.

2.2.5. UREA EN PLASMA DE CERDOS ALIMENTADOS CON DIETAS CON BAJA PROTEÍNA

La eficiencia de utilización de la proteína para formar tejido muscular es inversamente proporcional a la concentración de urea en plasma (Chen *et al.*, 1995). Bajos niveles de urea en plasma indican un uso adecuado de los aminoácidos de la dieta, y por el contrario, altos niveles indicarían un uso ineficiente, un desequilibrio entre aminoácidos o un exceso de los mismos (Friesen *et al.*, 1994; Knowles *et al.*, 1998).

Cerdos en finalización alimentados con dietas bajas en proteína, adicionadas con aminoácidos sintéticos, presentan una menor concentración de urea en plasma que va en proporción a la reducción de PC de la dieta, lo cual refleja una relación lineal entre la concentración de urea en plasma y la tasa de excreción de N (Kerr y Easter, 1995; Shriver *et al.*, 1999; Shriver *et al.*, 2003). La reducción en la concentración de urea en plasma reportada va desde el 38.0 hasta 66.0%, e indica una mayor eficiencia en utilización de la proteína (Kerr y Easter, 1995; Knowles *et al.*, 1998; Lenis *et al.*, 1999; Figueroa *et al.*, 2002; Shriver *et al.*, 2003). No obstante, la concentración de urea en plasma se incrementa conforme aumenta la edad de los animales, lo cual indica que existe menor eficiencia en la utilización del N consumido (Chen *et al.*, 1999; Figueroa *et al.*, 2002; Gómez *et al.*, 2002).

2.3. ADITIVOS

En general, los aditivos disponibles para cerdos se dividen en: 1) drogas para prevenir enfermedades: antibióticos, quimioterapéuticos y antihelmínticos, 2) enzimas, 3) ácidos orgánicos y, 4) prebióticos. Dentro del grupo de los aditivos antibióticos están aquellos que se utilizan como promotores del crecimiento (APC) (Dritz *et al.*, 1997).

2.3.1. ANTIBIOTICOS PROMOTORES DEL CRECIMIENTO

Desde 1950 comenzaron a utilizarse antibióticos comerciales como promotores de crecimiento (APC), agregándose en dosis profilácticas en dietas para cerdos, con el objeto de prevenir desórdenes gastrointestinales, reducir la mortalidad (4 a 8%), mejorar la tasa de crecimiento (9 a 15%), la eficiencia reproductiva y la eficiencia alimenticia (-0.14) (Becker *et al.*, 1951; Catron *et al.*, 1952; Braude *et al.*, 1953) pudiendo disminuirse la producción de nitrógeno en el estiércol (Sutton *et al.*, 1999; Armstrong *et al.*, 2000).

Actualmente se confiere la eficacia de los APC por su acción como bacteriostáticos que favorecen la flora benéfica y suprimen la patógena, disminuyen la incidencia de diarreas, mejoran la síntesis de vitaminas y otros nutrientes, y aumentan la absorción intestinal al disminuir el grosor de la pared (Cromwell, 1989; Cromwell, 2002). Sin embargo, su especificidad, sus efectos sobre las poblaciones bacterianas y el modo exacto en que actúan para promover el crecimiento animal aun no ha sido completamente definido (Gaskins *et al.*, 2002); y aunque en América latina no se cuenta con estimaciones publicadas acerca de sus beneficios económicos, se utilizan por razones puramente económicas, ya que se supone que al mejorar los índices de eficiencia alimenticia proporcionan utilidad expresada en varias veces su costo original (Ávila *et al.*, 1990).

Sin embargo, hasta el momento, no hay evidencia suficiente para aseverar que incrementan la eficiencia alimenticia, ya que animales que reciben complementos con antibióticos, pero con restricción de alimento al mismo nivel que los testigos, no muestran ganancias de peso más aceleradas (Maynard *et al.*, 1981). Ciertos estudios mencionan el adelgazamiento de la pared intestinal de animales que recibieron antibióticos en el alimento, lo que hace pensar que la absorción de los nutrientes es más eficiente. Sin embargo, estudios de balance de nutrientes efectuados en animales no han demostrado que los antibióticos mejoren la digestión, absorción y retención de los nutrientes, aunque sí es posible

que lo hagan respecto a algunas vitamina y minerales (Nousiainen, 1991; Williams *et al.*, 2001).

Aunado a lo anterior, en el ámbito de la salud humana existe preocupación por el uso de APC, ya que pueden originar resistencia bacteriana y una disminución de la eficiencia de antibióticos similares a los requeridos por los humanos (Klasing, 2001; Hillman, 2001).

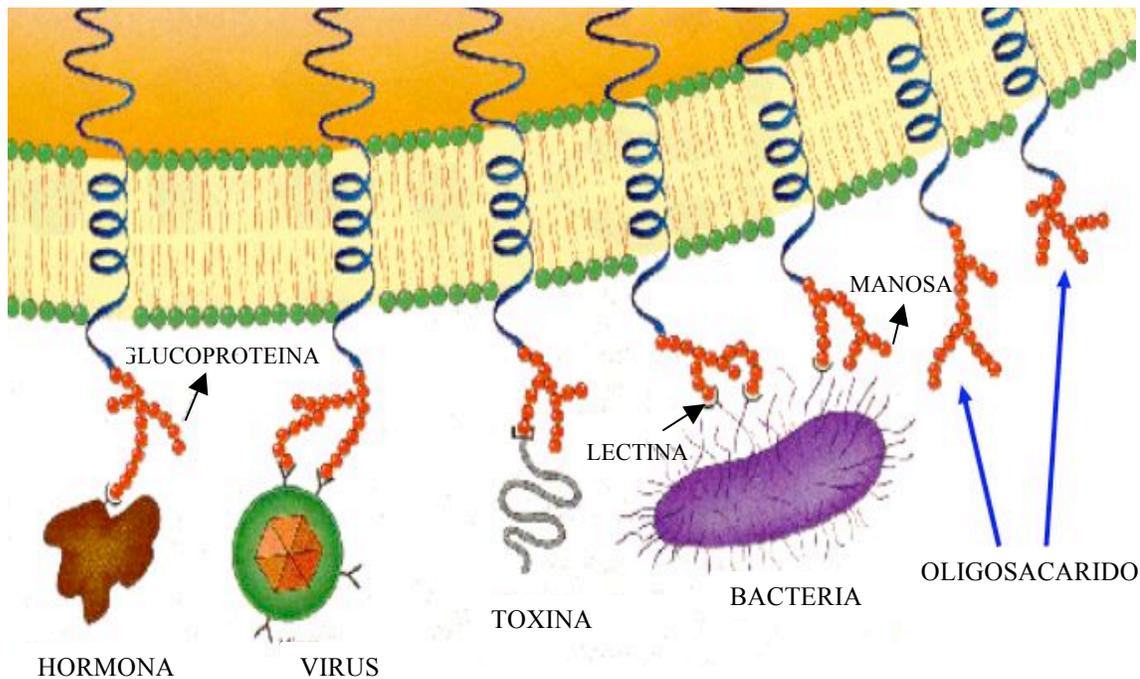
2.3.2. OLIGOMANANOS

Se considera como probiótico a un microorganismo vivo, aunque también se incluyen productos de su metabolismo, células muertas, partículas o porciones de microbios inactivados, los cuales modifican la composición y/o la actividad de la microflora intestinal, provocando un efecto positivo al consumidor (Fuller, 1989; Bellisle *et al.*, 1998; Schrezeimeir y De Vrese, 2001). Un prebiótico se define como un ingrediente alimenticio indigestible que produce un efecto benéfico al consumidor, estimulando el crecimiento selectivo y la actividad metabólica de una bacteria o de un número limitado de bacterias benéficas del intestino, e impide la adhesión de microorganismos patógenos (Gibson y Roberfroid, 1995; Roberfroid, 2000). No deben ser hidrolizados ni absorbidos en la parte superior del tracto gastrointestinal, deben permanecer activos y estables durante su empleo y alterar la microflora hacia una composición más saludable (Collins y Gibson, 1999; Figueroa *et al.*, 2006).

Los oligomananos (OM) se consideran una de las más prometedoras alternativas para sustituir a los APC. Son constituyentes naturales de la pared celular de levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) y están compuestos de cadenas homopolisacáridas con 8 a 20 unidades de manosa (Patterson y Burkholder, 2003). Según la definición, no son estrictamente prebióticos debido a que no actúan con un substrato específico. Su modo de acción consiste en neutralizar la unión de los patógenos a los receptores de la mucosa intestinal a través del bloqueo de sus fimbrias de adhesión (Figura 1).

El 90% de las bacterias patógenas (*Salmonella spp.* y *E. coli*) se fijan mediante lectinas a la manosa en las fimbrias de las células epiteliales del huésped. Los OM se adhieren a la lectina dejando libre la mucosa intestinal y como no son degradados por las enzimas digestivas, atraviesan el tubo digestivo junto con los patógenos, previniendo su colonización (Figura 2) (Monsand y Paul, 1995).

FIGURA 1. MEMBRANA PLASMÁTICA

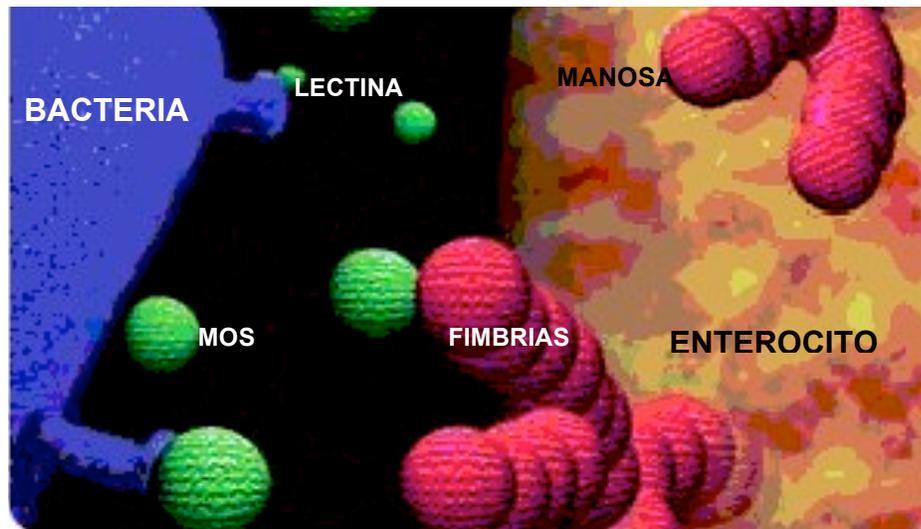


La membrana plasmática celular contiene oligosacáridos con funciones de reconocimiento específicas. Modificado de Sánchez, 2005.

Se ha observado que los oligomananos mantienen saludables las vellosidades intestinales (Newman, 1994); tienen un efecto benéfico sobre la morfología del borde en el cepillo del intestino debido al aumento de células caliciformes en la membrana vellosa del epitelio intestinal y a una mayor producción de mucina, que actúa como primera barrera contra infecciones (Eidelsburger, 1998). Ejercen una influencia positiva sobre la inmunidad humoral y el estatus de las inmunoglobulinas ya que se ha demostrado que la aglutinación de los patógenos puede mejorar la función de las células M dentro de las placas

de Peyer y la eficiencia general de la función inmune (Davis *et al.*, 2002a; Burkey *et al.*, 2004; Davis *et al.*, 2004a).

FIGURA 2: MECANISMO DE ACCIÓN DE OLIGOMANANOS



Tomado de Alltech[®], 2005.

Se ha estudiado el efecto de los OM sobre la respuesta inmune en varias especies. En investigaciones con aves se concluyó que adicionar OM a dietas con o sin antibióticos, mejora la respuesta productiva de pavos desafiados con *E. coli*, también mejoró los títulos de anticuerpos y la densidad espermática en pollos par carne y huevo. (Fairchild *et al.*, 2001; Parks *et al.*, 2001; Shashidhara y Devegowda, 2003). Por otra parte, al evaluar el estado inmune de vacas lecheras y sus terneros, se encontró mayor nivel de anticuerpos maternos e inmunoglobulinas en terneros al consumir OM (Heinrichs *et al.*, 2003; Franklin *et al.*, 2005). En cerdos, se han utilizado en sustitución, rotación o sinergismo a los antibióticos o minerales promotores de crecimiento (Cu o Zn), algunos autores reportan mejoras en el estado sanitario de lechones lactantes, al destete, cerdos en crecimiento y finalización, mayores niveles de crecimiento, mejor desarrollo en

lechones y mayor eficiencia gestacional en hembras (Davis *et al.* 2002b; LeMieux *et al.*, 2003; Davis *et al.*, 2004b; Rozeboom *et al.*, 2005).

2.3.3. NUCLEÓTIDOS

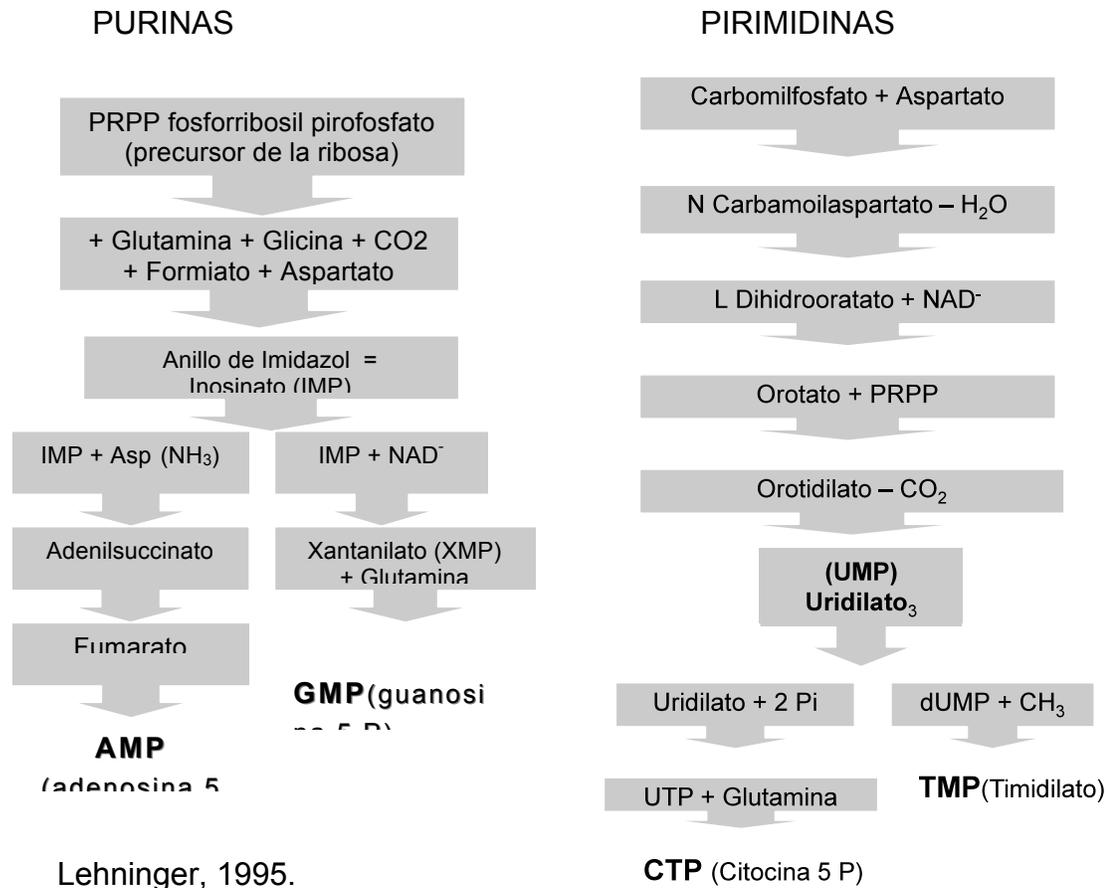
Los nucleótidos son compuestos formados por una base nitrogenada (púrica o pirimídica), una pentosa y uno o más grupos fosfato. La pentosa puede ser ribosa, en el caso del ácido ribonucleico (ARN); o la 2'-desoxirribosa, en el caso el ácido desoxiribonucleico (ADN). Estos nucleótidos participan en la división celular, el crecimiento de la célula y en la modulación del sistema inmunológico. Además, participan en varios procesos bioquímicos esenciales para el funcionamiento de organismos actuando como precursores de los ácidos nucleicos (ADN y ARN), fuentes de energía (ATP, ADP, AMP, GTP), y cofactores (FAD, NAD, NADP) (Lehninger, 1995).

No se consideran esenciales ya que pueden ser sintetizados por el organismo. Existen dos mecanismos para obtener bases nitrogenadas: 1) Síntesis de novo: son las bases que son sintetizadas por el organismo a partir de aminoácidos (glutamato, aspartato, glicina), carbomil fosfato, ribosa 5 P, CO₂ y NH₃; y 2) Rutas de salvamento: es el reciclamiento de las bases nitrogenadas ingeridas en la dieta (Figuras 3 y 4).

Al adicionar nucleótidos a la dieta, se disponen bases nitrogenadas y nucleósidos (donde el grupo fosfato no está presente) para la síntesis de nucleótidos a través de la síntesis de salvamento, la cual presenta una serie de ventajas sobre la vía de novo. La síntesis de novo representa un desgaste significativo para el organismo debido a que los aminoácidos dejan de utilizarse para la síntesis proteica y se destinan para la síntesis de nuevos nucleótidos. Por otro lado, la síntesis de salvamento utiliza los nucleótidos presentes en la dieta, los que son desfosforilados para convertirse a nucleósidos y ser absorbidos como tales, o pueden ser degradados a purinas y pirimidinas, bases nitrogenadas, azúcar y uno o más grupos fosfato. Las bases nitrogenadas son recicladas por el

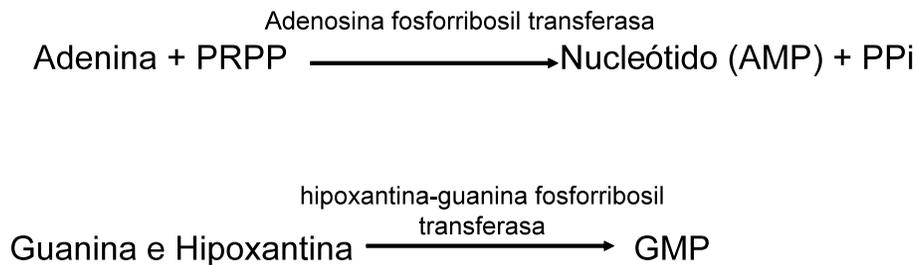
organismo para sintetizar nuevamente los nucleótidos que serán utilizados para la formación de nuevos ácidos nucleicos (Figura 5). Si no hay reciclaje las bases nitrogenadas terminan en productos de desecho: ácido úrico y urea (Mateo *et al.*, 2004).

FIGURA 3. SINTESIS DE NOVO DE BASES NITROGENADAS



Hasta la fecha no se conoce un transportador específico que permita la absorción de nucleótidos directamente por el enterocito. Por lo tanto, la vía de salvamento es más económica y estimula el desarrollo de las vellosidades y de las criptas intestinales (Carver, 1999).

FIGURA 4. SINTESIS DE SALVAMENTO



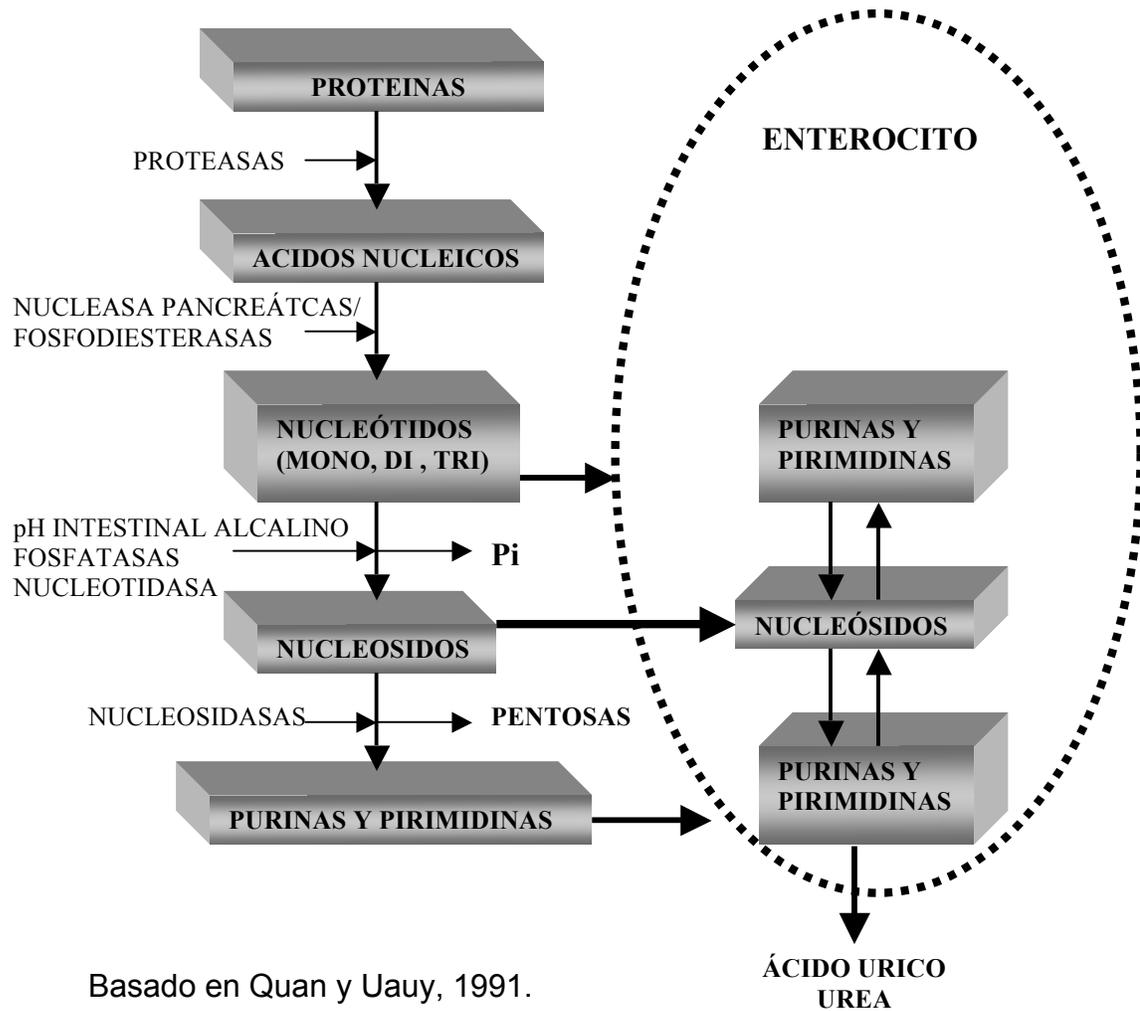
(Lehninger, 1995).

Las levaduras son células polinucleadas, por la cual son ricas en bases nitrogenadas (Zambrana, 1999). Sin embargo, en algunas situaciones los nucleótidos pueden considerarse como semiesenciales o esenciales, particularmente cuando el organismo necesita de una cantidad mayor de nucleótidos de la que es capaz de sintetizar, como ocurre con el cerebro, los eritrocitos, la médula ósea, la mucosa intestinal, los linfocitos, hepatocitos y el tejido cardíaco. También en determinadas situaciones específicas, como durante un periodo de rápido crecimiento, o enfermedad, cuando hay consumo limitado de nutrientes o la presencia de un disturbio endógeno (Yu, 1998).

Se ha reportado que los nucleótidos (NUC) suministrados a la dieta, cooperan en el mantenimiento de la integridad intestinal reduciendo la incidencia de enfermedades entéricas que ocurren principalmente en animales que se encuentran debilitados, bajo estrés, sometidos a cambios ambientales y alimenticios (Gonçalves *et al.*, 2005). También modifican el tipo y el crecimiento de la microflora intestinal (Uauy *et al.*, 1994). Favorecen el desarrollo de la flora microbiana benéfica, como las bifidobacterias, que disminuyen el pH intestinal en función de su capacidad de hidrolizar glucosa a ácido láctico, que a su vez

suprime la proliferación de bacterias patógenas. Las bifidobacterias también inhiben el crecimiento de enterobacterias responsables de enfermedades que causan diarrea (Nuñez *et al.*, 1990). La presencia de nucleótidos en la dieta promueve también el crecimiento y la maduración intestinal en ratones y cerdos jóvenes. La adición de 0.8% de nucleótidos promovió un aumento de la altura de las vellosidades y de la profundidad de las criptas, además de la proteína total y del contenido de DNA en el intestino (Uauy *et al.*, 1994; Yu, 1998).

FIGURA 5. DIGESTIÓN Y ABSORCIÓN DE ÁCIDOS NUCLEICOS Y SUS PRODUCTOS DERIVADOS



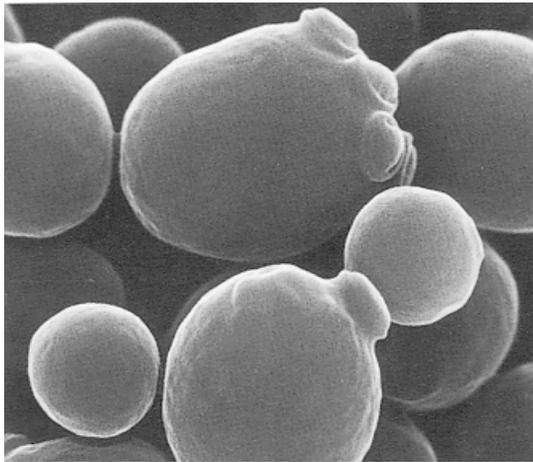
El intestino depende del suministro de nucleótidos a través de la dieta para mantener sus funciones. Una dieta sin la presencia de purinas resulta en una pérdida casi total de la mucosa intestinal y una dieta sin nucleótidos resulta en la reducción del DNA, RNA, contenido proteico y de enzimas de la membrana de la mucosa intestinal (Uauy *et al.*, 1994). Adicionar nucleótidos puede revertir, parcialmente, lesiones de la mucosa causadas por diarrea y reducir el desplazamiento de bacterias del lumen intestinal hacia el interior del organismo (Nuñez *et al.*, 1990). Por otro lado, el sistema inmunológico es un sistema extremadamente dinámico en la eliminación de antígenos y está regulado por citocinas. Las células del sistema inmune deben proliferar rápidamente para producir clones idénticos, por lo cual los linfocitos tienen una fuerte demanda de nucleótidos para atender la rápida división nucleica que ocurre en respuesta a la estimulación del antígeno. Si hay nucleósidos provenientes de la dieta la síntesis de novo se minimiza y se maximiza la de salvamento, lo cual representa una reducción de pérdidas para el animal (Díaz, 2004). Como los linfocitos presentan capacidad limitada para sintetizar nucleótidos por la vía de novo, es necesaria la aportación de nucleótidos en la dieta para el mantenimiento normal del sistema inmunológico (Navarro *et al.*, 1996).

Al adicionar de 2.5 a 4% de nucleótidos a dietas para lechones se observa una tendencia a mejorar la productividad, mayor ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y reducción de la mortalidad debido a diarrea causada por *Escherichia coli*. Además podrían usarse como sustituto de proteína de origen animal, sin reducir el desempeño de los cerdos (Spring, 2001; Tibbets, 2002; Maribo, 2003). Ratones con dietas deficientes en proteína, desafiados con bacterias gram-negativas, presentaron una mejor conservación de las vellosidades y criptas, y menor susceptibilidad a los efectos letales de las endotoxinas cuando se les administró una mezcla de nucleótidos y nucleósidos intraperitonealmente. Lo que sugiere que los nucleótidos mejoran la eficiencia de absorción de la mucosa epitelial, el sistema inmune y el desarrollo corporal en general (Adjei *et al.*, 1994).

Es importante resaltar que tanto oligomananos como nucleótidos cumplen con las exigencias del consumidor y prometen ser una alternativa a los antibióticos promotores del crecimiento segura y saludable. Son derivados de una fuente natural ya que se obtienen de la separación de las paredes celulares interna y externa de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* (Figura 6), del núcleo resulta un extracto rico en nucleótidos y de la corteza oligomananos.

FIGURA 6. MICROGRAFIA ELECTRONICA DE LA LEVADURA

Saccharomyces cerevisiae



Tomado de Bowen y Wheals, 2006.

III. JUSTIFICACIÓN

Desde 1994, la industria porcícola ha presentado una desactivación como consecuencia de la baja rentabilidad. Dicha situación se debe principalmente al encarecimiento de los granos forrajeros y pastas oleaginosas, para los cuales la producción nacional resulta insuficiente, por lo que se deben importar. Esto impacta negativamente los precios de los alimentos balanceados, repercutiendo en el costo de producción en forma significativa. Además, el país ha incrementado sus importaciones de carne de cerdo cuyos precios de venta están muy por debajo de los alcanzados por los productores mexicanos. Ante dicha problemática, la producción porcícola requiere de alternativas para mejorar la producción y hacerla más económica, sin descuidar los factores que afectan el medio ambiente.

Una iniciativa es aumentar la eficiencia en la utilización del alimento y reducir la excreción de elementos contaminantes mediante la alimentación de cerdos con dietas bajas en proteína, ya que el sorgo representa casi el único ingrediente y se reduce considerablemente el aporte de la pasta de soya, especialmente en las etapas de crecimiento y finalización.

Por otro lado, ante la creciente demanda para suprimir antibióticos promotores del crecimiento, se ha comenzado a evaluar el uso de prebióticos en la producción animal. Es importante realizar investigaciones para evaluar sus efectos en la producción de cerdos en finalización, identificar las condiciones óptimas para su uso y el efecto que tienen sobre la rentabilidad. Los oligomananos y nucleótidos son seguros tanto para animales como para humanos, por lo que se podrían considerar como promotores de crecimiento naturales y por lo tanto, como una alternativa al uso de antibióticos prohibidos por la Unión Europea, Japón, Asia, y Estados Unidos. Si la tendencia del consumidor es que los productos alimenticios que adquieren hayan sido logrados con alimentos exentos de fármacos promotores de crecimiento, así deberán producirse.

IV OBJETIVOS

1. Analizar la respuesta productiva, las características de la canal y la concentración de urea en plasma de cerdos en finalización alimentados con dietas bajas en proteína basadas en sorgo-pasta de soya, adicionadas con oligomananos o una fuente rica en nucleótidos.
2. Determinar si la adición de oligomananos o nucleótidos mejora el comportamiento productivo las características de la canal y disminuyen la concentración de urea en plasma de cerdos en finalización.

V. HIPÓTESIS

Los cerdos en finalización alimentados con dietas sorgo-pasta de soya bajas en proteína, adicionadas con aminoácidos sintéticos y con oligomananos o nucleótidos, mejoran la respuesta productiva y mantienen las características de la canal en comparación con cerdos alimentados con dietas estándar.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

Con base en resultados obtenidos en dos experimentos previos para obtener el nivel de proteína en dietas sorgo-pasta de soya para cerdos en finalización, que no afecte negativamente la respuesta productiva y mejore la eficiencia en el uso del nitrógeno (Trujillo, 2005; Martínez, 2005), se realizaron dos experimentos. El experimento 1 para probar cuatro niveles de oligomananos en dietas con proteína estándar (NRC, 1998) y con baja proteína. El experimento 2 para probar la inclusión de una fuente rica en nucleótidos en dietas con proteína estándar (NRC, 1998) y con dos niveles por abajo del estándar. En ambos experimentos se analizó su efecto sobre la respuesta productiva, las características de la canal y la concentración de urea en plasma en cerdos en finalización.

Esta investigación se realizó en las instalaciones de la Unidad Porcina de la Granja Experimental del Colegio de Postgraduados, localizada en el municipio de Tecámac, Estado de México, que se ubica entre los 19° 56' de latitud norte y 98° 56' de longitud oeste, y a una altitud de 2260 msnm. El clima de este lugar es seco, semiárido con régimen de lluvias en verano, con una temperatura media anual de 14.59 °C y una precipitación anual de 549.88 mm (García, 1988). Los experimentos se realizaron en los meses de Diciembre y Marzo.

6.1. TRATAMIENTOS EVALUADOS

Las dietas evaluadas en el primer experimento fueron dos niveles de proteína cruda y cuatro niveles de oligomananos; en el segundo experimento fueron tres niveles de proteína con dos niveles de nucleótidos (Cuadro 2). Las dietas estándar y con baja proteína fueron formuladas con base a sorgo-pasta de soya. Las dietas con media y baja proteína en los dos experimentos se complementaron con AA sintéticos (L-Lisina-HCl, DL-Metionina, L-Triptófano y L-Treonina). La adición de estos cuatro aminoácidos sintéticos se realizó hasta alcanzar los niveles recomendados por el NRC (1998) de la dieta estándar; el nivel

de energía se mantuvo constante (3.265 Mcal/kg). Para formular las dietas se utilizó el programa Spartan (2000; Cuadros 3 y 4).

Cuadro 2. Nivel de proteína cruda (%PC), energía metabolizable, y de oligomananos (Exp.1) o nucleótidos (Exp. 2), en las dietas para cerdos en finalización.

EXP. 1								
Tratamiento	T1*	T2*	T3*	T4*	T5**	T6**	T7**	T8**
EM, Mcal kg ⁻¹	3.265	3.265	3.265	3.265	3.265	3.265	3.265	3.265
PC, %	14.00	14.00	14.00	14.00	9.50	9.50	9.50	9.50
Oligomananos, kg ton ⁻¹	0.00	0.025	0.050	0.075	0.00	0.025	0.050	0.075
EXP. 2								
Tratamiento	T1*	T*2	T3***	T4***	T5	T6		
EM, Mcal kg ⁻¹	3.265	3.265	3.265	3.265	3.265	3.265		
PC, %	14.10	14.10	12.10	12.10	10.10	10.10		
Nucleótidos, kg ton ⁻¹	0.00	7.5	0.00	7.5	0.00	7.5		

* Nivel de proteína recomendado por el NRC (1998), para cerdos en cada etapa.

** Nivel de proteína que produjo menor comportamiento productivo y menor nivel urea en plasma (Trujillo, 2005; Martínez, 2005).

*** Nivel de proteína que presentó comportamiento productivo similar al testigo (Trujillo, 2005).

6.2. VARIABLES EVALUADAS

Se evaluó la respuesta productiva: ganancia diaria de peso (GDP), consumo de alimento (COA), conversión alimenticia (CA), ganancia de carne magra (GCM); las características de la canal: área del músculo longissimus (AML), grasa dorsal (GD), porcentaje de carne magra en la canal (%CM); así como la concentración de urea en plasma (UREA).

Cuadro 3. Composición (%) de las dietas experimentales para cerdos en finalización (50-80 kg peso vivo) adicionadas con oligomananos (Exp. 1)

TRATAMIENTO	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	
INGREDIENTE									
Sorgo	83.68	83.64	83.60	83.56	96.37	96.31	96.29	96.25	
Pasta de soya	13.80	13.80	13.80	13.80	--	--	--	--	
Aceite de soya	0.38	0.39	0.41	0.42	0.55	0.59	0.59	0.60	
L-Lisina HCl	0.205	0.205	0.205	0.205	0.625	0.625	0.625	0.625	
DL-Metionina	--	--	--	--	0.125	0.125	0.125	0.125	
L-Triptofano	--	--	--	--	0.065	0.065	0.065	0.065	
L-Treonina	0.01	0.01	0.01	0.01	0.185	0.185	0.185	0.185	
Premezcla vit. ^a	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	
Premezcla micromin. ^b	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	
Oligomananos	--	0.025	0.05	0.075	--	0.025	0.05	0.075	
Carbonato de calcio	0.78	0.78	0.78	0.78	0.83	0.83	0.83	0.83	
Fosfato monodicalcico	0.60	0.60	0.60	0.60	0.70	0.70	0.70	0.70	
Sal	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350	
TOTAL	100.0								
Análisis calculado, %									NRC^c
EM, Mcal kg ⁻¹	3.265	3.265	3.265	3.265	3.265	3.265	3.265	3.265	3.265
Proteína cruda	14.00	14.00	14.00	14.00	9.50	9.50	9.50	9.50	15.50
Calcio	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Fósforo total	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
Fósforo disponible	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.19
Lisina	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66
Treonina	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
Triptófano	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.12
Metionina + Cistina	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.39
Arginina	0.69	0.69	0.69	0.69	0.32	0.32	0.32	0.32	0.24
Histidina	0.3	0.3	0.3	0.3	0.18	0.18	0.18	0.18	0.21
Isoleucina	0.51	0.51	0.51	0.51	0.31	0.31	0.31	0.31	0.37
Leucina	1.33	1.33	1.33	1.33	1.05	1.05	1.05	1.05	0.67
Valina	0.58	0.58	0.58	0.58	0.39	0.39	0.39	0.39	0.45
Fenilalanina +Tirosina	1.09	1.09	1.09	1.09	0.71	0.71	0.71	0.71	0.63
Análisis determinado, %									
Proteína cruda	14.12	14.03	14.06	14.22	9.55	9.53	9.32	9.55	
Calcio	0.52	0.51	0.50	0.53	0.51	0.50	0.52	0.52	
Fósforo total	0.45	0.44	0.44	0.45	0.42	0.46	0.48	0.46	
Costo dieta, \$ kg^{-1d}	2.83	2.83	2.84	2.85	2.98	2.99	3.00	3.01	

^a Proporcionó por cada kg de alimento: vit. A, 15, 000 UI ; vit. D3, 2, 500 UI; vit. E, 37.5 UI; vit K, 2.5 mg; tiamina, 2.25 mg; riboflavina, 6.25 mg; niacina, 50 mg; piridoxina, 2.5 mg; cianocobalamina, 0.0375 mg, biotina, 0.13 mg; cloruro de colina, 563 mg; ácido pantoténico, 20 mg; ácido fólico, 1.25 mg.

^b Aportó por cada kg de alimento: Fe, 150 mg; Zn, 150 mg; Mn, 150 mg; Cu, 10 mg; Se, 0.15 mg; I, 0.9 mg; Cr, 0.2 mg.

^c Recomendación de nutrimentos sugerida para la etapa de finalización (50 - 80 Kg. de peso vivo) por el NRC (1998).

^d Calculado con base a los precios de los ingredientes vigentes en octubre-diciembre de 2006.

Cuadro 4. Composición (%) de las dietas experimentales para cerdos en finalización (50-80 kg peso vivo) adicionadas con nucleótidos (Exp. 2)

TRATAMIENTO	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
INGREDIENTE							
Sorgo	83.49	83.08	89.74	89.24	95.93	95.37	
Pasta de soya	14.00	13.10	7.35	6.50	0.75	--	
Aceite de soya	0.21	0.70	0.11	0.63	0.03	0.53	
Bio-Lys °	0.315	0.365	0.47	0.48	0.55	0.56	
DL-Metionina	--	0.005	0.05	0.060	0.110	0.115	
Tripto + Plus +	--	--	0.145	0.175	0.350	0.375	
L-Treonina	0.01	0.01	0.01	0.01	0.185	0.185	
Premezcla vit. ^a	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	
Premezcla micromin. ^b	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	
Nucleótidos	--	0.75	--	0.75	--	0.75	
Carbonato de calcio	0.72	0.73	0.75	0.75	0.77	0.78	
Fosfato monodicalcico	0.71	0.71	0.75	0.78	0.80	0.80	
Sal	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
Análisis calculado, %							NRC^c
EM, Mcal kg ⁻¹	3.265	3.265	3.265	3.265	3.265	3.265	3.265
Proteína cruda	14.10	14.10	12.10	12.10	10.10	10.10	15.50
Calcio	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Fósforo total	0.45	0.45	0.44	0.43	0.42	0.42	0.45
Fósforo disponible	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.19
Lisina	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66
Treonina	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
Triptófano	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.12
Metionina + Cistina	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.39
Arginina	0.69	0.67	0.52	0.49	0.34	0.32	0.24
Histidina	0.30	0.29	0.25	0.24	0.19	0.18	0.21
Isoleucina	0.51	0.50	0.42	0.40	0.32	0.31	0.37
Leucina	1.33	1.30	1.20	1.17	1.07	1.04	0.67
Valina	0.58	0.57	0.49	0.47	0.40	0.39	0.45
Fenilalanina +Tirosina	1.09	1.06	0.91	0.88	0.74	0.71	0.63
Análisis determinado, %							
Proteína cruda	14.08	14.18	12.17	12.13	10.19	10.18	
Calcio	0.50	0.51	0.51	0.53	0.54	0.53	
Fósforo total	0.42	0.45	0.45	0.47	0.45	0.44	
Costo dieta, \$ kg⁻¹	2.85	3.14	2.96	3.26	3.09	3.38	

°Bio-Lys contiene: lisina, 50.7%; metionina, 0.20%; cisteína, 0.10%; metionina + cisteína, 0.23%; treonina, 0.40%; triptófano, 0.14%; arginina, 0.6%; isoleucina, 0.4%; leucina, 0.7%; valina, 0.7%, fósforo, 0.16%; PC 75% y 4220 Kcal Kg⁻¹ EM.

+Tripto + Plus contiene: lisina HCl, 70%; triptófano, 15%; metionina, 1.75%; valina, 0.5%, treonina, 0.15%; PC, 95% y 3300 Kcal Kg⁻¹ EM.

^a Proporcionó por cada kg de alimento: vit. A, 15, 000 UI ; vit. D3, 2, 500 UI; vit. E, 37.5 UI; vit K, 2.5 mg; tiamina, 2.25 mg; riboflavina, 6.25 mg; niacina, 50 mg; piridoxina, 2.5 mg; cianocobalamina, 0.0375 mg, biotina, 0.13 mg; cloruro de colina, 563 mg; ácido pantoténico, 20 mg; ácido fólico, 1.25 mg.

^b Aportó por cada kg de alimento: Fe, 150 mg; Zn, 150 mg; Mn, 150 mg; Cu, 10 mg; Se, 0.15 mg; I, 0.9 mg; Cr, 0.2 mg.

^c Recomendación de nutrimentos sugerida para la etapa de finalización (50 - 80 Kg. de peso vivo) por el NRC (1998).

^d Calculado con base a los precios de los ingredientes vigentes en febrero - abril de 2007.

Adicionalmente, en el primero y último día de cada experimento se midió la grasa dorsal y el área del músculo *longissimus* a nivel de la décima costilla utilizando un ultrasonido de tiempo real Sonovet 600 con transductor abdominal de 3.5 mHz (Medison, Inc., Cipress, California, USA). Esta última información junto con los pesos inicial y final sirvió para estimar la ganancia de carne magra y el porcentaje de carne magra en la canal utilizando la ecuación del NPPC (1991).

6.4. ANÁLISIS DE LABORATORIO

En todas las dietas experimentales se realizaron las determinaciones en laboratorio de: proteína cruda por el método de Kjeldahl (AOAC, 1990); calcio, por medio de espectrofotometría de absorción atómica y fósforo por medio de espectrofotometría de absorción de rayos UV, siguiendo las metodologías de Fick *et al.* (1979). La determinación de la concentración de urea en plasma se realizó por espectrofotometría de absorción de rayos UV, de acuerdo con la metodología de Charney y Marbach (1962).

6.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y DISEÑO EXPERIMENTAL

El análisis estadístico de las variables respuesta fue realizado con el diseño mencionado, con arreglo factorial (experimento 1) 2×4 y 3×2 para el experimento 2, ambos en un diseño completamente al azar, en donde el peso inicial de los cerdos se tomó como covariable para las variables que así lo requirieron, y la grasa dorsal inicial como covariable de la grasa dorsal final en el experimento 2. El factor A corresponde al nivel de proteína y el factor B a los niveles de oligomananos en el experimento 1, y a dos niveles de nucleótidos en el experimento 2.

Para efectuar el análisis de varianza se utilizaron los siguientes modelos estadísticos:

Experimento1

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + \beta(P_i) + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable respuesta.

μ = Media general.

A_i = Efecto del factor A (proteína) al nivel $i = 1, 2$.

B_j = Efecto del factor B (oligomananos) al nivel $j = 1, 2, 3, 4$.

$(AB)_{ij}$ = Efecto de la interacción AB al nivel i, j .

β = Coeficiente de la covariable (PI= peso inicial).

ϵ_{ijk} = Error experimental. $\epsilon_{ijk} \sim NI(0, \sigma^2_e)$.

Experimento 2

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + \beta(P_i) + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable respuesta.

μ = Media general.

A_i = Efecto del factor A (proteína) al nivel $i = 1, 2, 3$.

B_j = Efecto del factor B (nucleótidos) al nivel $j = 1, 2$.

$(AB)_{ij}$ = Efecto de la interacción AB al nivel i, j .

β = Coeficiente de la covariable (PI= peso inicial ó GDI= grasa dorsal inicial).

ϵ_{ijk} = Error experimental. $\epsilon_{ijk} \sim NI(0, \sigma^2_e)$.

El análisis de los datos con el modelo descrito, se efectuó utilizando dos procedimientos del programa SAS: PROC MIXED (Littell *et al.*, 2004), para los datos de las variables que se midieron semanalmente, en el cual adicionalmente se incluyó el factor tiempo (semana; SEM); y el procedimiento *General Linear Model* (PROC GLM; SAS, 1999) para las variables que se midieron al inicio o al final del periodo. Los datos se analizaron primero desglosando los efectos principales e interacciones, posteriormente se analizaron para obtener el efecto de tratamiento. La comparación de medias se realizó utilizando el procedimiento Tukey (Steel *et al.*, 1997).

VII. RESULTADOS

7.1. EXPERIMENTO 1 (OLIGOMANANOS)

Los resultados obtenidos en las variables evaluadas durante el experimento 1 (inclusión de oligomananos, OM), se presentan los Cuadros 5 y 6. En la respuesta productiva no se observó diferencia entre tratamientos ($P>0.05$) por efecto de OM o por la interacción $PC \times OM$, pero sí hubo diferencias ($P \leq 0.05$) por el nivel de PC, obteniéndose 27.3% mayor GDP, 13.4% mayor COA, reducción del 11% de CA, 7.7% mayor PF y 39.3% mayor GCM para los cerdos alimentados con 14% PC con respecto a los alimentados con 9.5% PC. La comparación de medias indicó diferencias ($P \leq 0.05$) en GDP, PF y GCM entre tratamientos. La GDP del T1 (testigo) fue diferente a la de T5, T7 y T8 (baja proteína), mientras que en los tratamientos T2, T3, T4 (proteína estándar) y T6 (9.5% PC con 0.025% de OM) fue similar. Las diferencias en PF y GCM se presentaron entre el T1 y los T7 y T8, siendo similares a los demás tratamientos para ambas variables.

El factor tiempo (SEMANA) afectó ($P \leq 0.01$) GDP, COA y CA, por lo cual dichas variables se incrementaron conforme transcurrió el tiempo, tanto en cerdos que consumieron las dietas con baja proteína como en aquellos que consumieron las dietas estándar. También hubo diferencia ($P \leq 0.01$) en la interacción $PC \times SEM$ para la variable GDP. La comparación de medias por prueba de Tukey indicó diferencias entre semanas para GDP, COA y CA. La GDP en la semana 1 fue diferente de la 2: en las semanas 3, 4 y 5 se observó la misma GDP (0.88 kg/día en promedio). El COA en la semana 2 fue diferente de la semana 3; en las semanas 1, 4 y 5 se observaron COA similares (2.9 kg/d en promedio). La CA en las semanas 2 y 5 (3.22 en promedio) fue diferente ($P \leq 0.05$) y mejor que la observada en las semanas 1, 3 y 4 (3.88 en promedio).

En cuanto a las características de la canal, las variables GDF, AMLF y %CMF, no fueron diferentes por efecto del nivel de OM o la interacción $PC \times OM$. El nivel de proteína en la dieta sólo tuvo efecto ($P \leq 0.05$) sobre el AMLF, siendo

11.7% mayor en los cerdos alimentados con 14% PC comparados con los alimentados con 9.5 % PC.

Cuadro 5. Comportamiento productivo de cerdos machos castrados en finalización, alimentados con dietas con dos niveles de proteína y cuatro niveles de oligomananos.

TRA	PC	MOS	Comportamiento productivo					
			GDP** (kg/d)	COA** (kg/d)	CA**	PI (kg)	PF (kg)	GCM*** (g/d)
1	14.0	0.00	1.08 ^a	3.38	3.38	56.45	94.32 ^a	351.06 ^a
2	14.0	0.25	0.97 ^{ab}	3.01	3.34	56.45	90.50 ^{ab}	306.41 ^{ab}
3	14.0	0.50	0.96 ^{ab}	3.13	3.47	55.82	89.35 ^{ab}	296.34 ^{ab}
4	14.0	0.75	0.91 ^{ab}	2.94	3.44	56.27	88.17 ^{ab}	284.07 ^{ab}
5	9.5	0.00	0.78 ^b	2.81	3.83	57.10	84.55 ^{ab}	234.87 ^{ab}
6	9.5	0.25	0.85 ^{ab}	3.00	3.73	56.70	86.47 ^{ab}	249.20 ^{ab}
7	9.5	0.50	0.75 ^b	2.54	3.65	56.25	82.80 ^b	202.38 ^b
8	9.5	0.75	0.72 ^b	2.64	4.09	57.40	82.70 ^b	202.30 ^b
EEM			0.12	0.38	0.47	5.85	4.32	55.71
Efectos principales								
	14		0.98 ^a	3.12 ^a	3.41 ^b	56.25	90.59 ^a	309.47 ^a
	9.5		0.78 ^b	2.75 ^b	3.83 ^a	56.86	84.13 ^b	222.19 ^b
		0	0.93	3.10	3.61	56.78	89.44	292.97
		0.25	0.91	3.01	3.54	56.58	88.49	277.81
		0.5	0.86	2.84	3.56	56.04	86.08	249.36
		0.75	0.82	2.79	3.77	56.84	85.44	243.19
SEMANA								
	1		0.73 ^b	2.79 ^{ab}	4.10 ^a			
	2		1.00 ^a	2.78 ^b	2.91 ^b			
	3		0.89 ^{ab}	3.19 ^a	3.85 ^a			
	4		0.84 ^{ab}	2.91 ^{ab}	3.70 ^a			
	5		0.92 ^{ab}	3.01 ^{ab}	3.53 ^b			
Fuente de variación			valor de P					
PC			0.01	0.01	0.01		0.01	0.01
MOS			0.24	0.39	0.68		0.26	0.28
PC X MOS			0.52	0.42	0.76		0.54	0.75
SEMANA			0.01	0.01	0.01			
PC X SEM			0.01	0.44	0.07			
MOS X SEM			0.69	0.26	0.96			
PC X MOS X SEM			0.61	0.06	0.73			
PI ⁺			0.01	0.01	0.01		0.01	0.01

a, b, c Medias de tratamiento o efecto principal con distinta literal indica diferencias estadísticas (P≤0.05).

*TRAT= Tratamiento, PC= Proteína cruda, MOS= Oligomananos, SEM= Semana, EEM= Error estándar de la media, PI= Peso inicial, PF= Peso final, GDP= Ganancia diaria de peso, COA = Consumo de alimento, CA = Conversión alimenticia, GCM= Ganancia de carne magra.

** Variables analizadas usando PROC MIXED de SAS.

*** Variables analizadas usando PROC GLM de SAS.

+ Covariable.

Cuadro 6. Características de la canal y concentración de urea en plasma en cerdos machos castrados en finalización, alimentados con dietas con dos niveles de proteína y cuatro niveles de oligomananos.

TRA			Características de la canal***						UREA*** (mg/dL)
			GDI (mm)	GDF (mm)	AMLI (cm ²)	AMLF (cm ²)	% CMI	% CMF	
1	14.0	0.00	5.00	10.75	18.23	27.19	39.96	36.96	22.57 ^{ab}
2	14.0	0.25	5.25	11.00	19.23	26.78	40.37	36.97	26.42 ^{ab}
3	14.0	0.50	5.75	12.00	20.54	27.89	40.94	37.19	19.84 ^{abc}
4	14.0	0.75	5.00	11.50	16.85	24.58	39.26	36.40	26.87 ^a
5	9.5	0.00	5.25	10.50	17.98	23.25	39.57	36.54	11.11 ^{bc}
6	9.5	0.25	5.50	10.75	18.45	23.15	39.74	36.12	9.45 ^c
7	9.5	0.50	5.50	10.00	20.38	23.70	40.94	36.12	11.61 ^{bc}
8	9.5	0.75	5.25	10.25	19.24	25.16	40.20	37.67	11.63 ^{bc}
EEM			0.85	1.65	1.38	3.27	0.66	1.33	6.61
Efectos principales									
	14		5.25	11.31	18.71	26.61 ^a	40.13	36.88	23.93 ^a
	9.5		5.38	10.38	19.01	23.82 ^b	40.11	36.61	10.95 ^b
		0	5.13	10.63	18.11	25.22	39.77	36.75	16.84
		0.25	5.38	10.88	18.84	24.97	40.06	36.55	17.94
		0.5	5.63	11.00	20.46	25.80	40.94	36.66	15.73
		0.75	5.13	10.88	18.05	24.87	39.73	37.04	19.25
Fuente de variación			valor de P						
PC				0.08		0.02		0.97	0.01
MOS				0.93		0.88		0.86	0.72
PC X MOS				0.65		0.48		0.40	0.56
PI ⁺				0.01		0.01			

^{a, b, c} Medias de tratamiento o efecto principal con distinta literal indica diferencias estadísticas (P≤0.05).

*TRAT= Tratamiento, PC= Proteína cruda, MOS= Oligomananos, EEM= Error estándar de la media, GDI= Grasa dorsal inicial, GDF= Grasa dorsal final, AMLI= Área de músculo longissimus inicial, AMLF= Área del músculo longissimus final, CMI= Carne magra inicial, CMF= Carne magra final; UREA= Concentración de urea en plasma.

*** Variables analizadas usando PROC GLM de SAS

⁺ Covariable.

La concentración de UREA en plasma sólo fue diferente (P≤0.01) con el nivel de PC en la dieta, ya que se observó una reducción de 54.24% en las dietas con 9.5% de PC comparadas con las dietas que contenían 14.0% de PC. La comparación de medias mostró diferencias entre los tratamientos T4 y T6. Los otros tratamientos mostraron valores similares entre sí. En general se observó una reducción promedio del 12% en la concentración de urea en plasma por cada punto porcentual que se disminuyó la proteína.

7.2. EXPERIMENTO 2 (NUCLEÓTIDOS)

En los cuadros 7 y 8 se presentan los resultados del experimento con inclusión de nucleótidos (NUC). La adición de NUC no alteró las variables productivas analizadas ($P > 0.05$). Se observó efecto de interacción de los factores PC X NUC X SEM sobre la GDP ($P < 0.05$), pero no se observó efecto de interacción de los demás factores en estudio ($P > 0.05$). Hubo diferencia por el nivel de PC sobre las variables GDP ($P \leq 0.01$), COA ($P \leq 0.03$), PF ($P \leq 0.01$) y GCM; ($P \leq 0.02$). La comparación de medias indicó que hay diferencia entre los niveles de proteína 10.1 (menor GDP) y 12.1% (mayor GDP). Así mismo, el consumo de alimento se redujo a medida que la PC disminuyó, siendo mayor con 14.1 que con 10.1%. El PF fue mayor con 12.1%, aunque no diferente del obtenido con 14.1%, y ambos mayores que con 10.1%. La GCM también fue mayor con 12.1% y menor con 10.1%; mientras que con 14.1% se observó un nivel intermedio entre los otros tratamientos. La comparación de medias de los tratamientos mostró diferencias ($P \leq 0.05$) en GDP, COA y PF. La GDP de T3 y T4 (ambos con 12.1% de PC) fueron iguales entre sí, y diferentes de T6 (con 10.1% PC). El COA fue mayor con T1 (con 14% de PC), y menor con T6. El PF también fue mayor con T3 y T4, mientras que el menor PF se presentó en cerdos alimentados con T5 y T6 (con 10.1% PC).

Para el factor tiempo (SEM) se observó diferencia en GDP ($P \leq 0.01$), COA ($P \leq 0.01$) y CA ($P \leq 0.01$), y se observó una interacción entre PC×SEM para GDP ($P \leq 0.01$) y COA ($P \leq 0.01$). La comparación de medias indicó diferencias entre semanas: la GDP fue mayor en las semanas 2 y 5 (que fueron iguales entre sí), pero sólo diferentes al observado en la semana 1; el COA fue mayor en la semana 4, y diferente al obtenido en las semanas 1, 2, y 3. La CA fue mayor en la semana 1 y sólo diferente al observado en la semana 2.

En cuanto a las características de la canal (Cuadro 8), no se observó diferencia ($P > 0.05$) por la adición de NUC, ni tampoco por la interacción de

PC×NUC (P>0.05). La GDF fue la única que presentó diferencia (P≤0.04) ya que se redujo al disminuir el contenido de PC en la dieta.

Cuadro 7. Comportamiento productivo de cerdos machos castrados en finalización, alimentados con dietas con tres niveles de proteína y dos niveles de nucleótidos.

TRA	PC	NUC	Comportamiento productivo					
			GDP** (kg/d)	COA** (kg/d)	CA**	PI (kg)	PF (kg)	GCM*** (g/d)
1	14.1	0.00	1.02 ^{ab}	3.25 ^a	3.20	59.18	94.88 ^{ab}	366.24
2	14.1	0.75	0.95 ^{ab}	2.97 ^{ab}	3.22	59.36	92.66 ^{ab}	313.24
3	12.1	0.00	1.06 ^a	3.01 ^{ab}	2.87	59.92	96.92 ^a	348.54
4	12.1	0.75	1.08 ^a	3.15 ^{ab}	3.15	60.02	97.72 ^a	374.13
5	10.1	0.00	0.93 ^{ab}	2.94 ^{ab}	3.30	56.72	88.56 ^b	306.32
6	10.1	0.75	0.83 ^b	2.56 ^b	3.50	58.76	87.66 ^b	276.54
EEM			0.11	0.32	0.41	4.93	3.67	51.78
Efectos principales								
	14.1		0.99 ^{ab}	3.11 ^a	3.21	59.27	93.77 ^a	339.74 ^{ab}
	12.1		1.07 ^a	3.08 ^{ab}	3.02	59.97	97.37 ^a	362.76 ^a
	10.1		0.88 ^b	2.75 ^b	3.40	57.74	88.11 ^b	291.43 ^b
		0.0	0.99	3.07	3.14	58.61	93.21	339.78
		0.75	0.95	2.89	3.28	59.38	92.68	321.30
SEMANA								
	1		0.78 ^b	2.67 ^b	3.63 ^a			
	2		1.11 ^a	2.94 ^b	2.85 ^b			
	3		0.90 ^{ab}	2.75 ^b	3.26 ^{ab}			
	4		1.03 ^{ab}	3.49 ^a	3.41 ^{ab}			
	5		1.07 ^a	3.03 ^{ab}	2.92 ^{ab}			
Fuente de variación			valor de P					
PC			0.01	0.03	0.15		0.01	0.02
NUC			0.26	0.15	0.39		0.22	0.33
PC X NUC			0.52	0.19	0.75		0.47	0.26
SEMANA			0.01	0.01	0.01			
PC X SEM			0.01	0.01	0.11			
NUC X SEM			0.72	0.94	0.83			
PC X NUC X SEM			0.05	0.26	0.63			
PI ⁺							0.01	

a, b, c Medias de tratamiento o efecto principal con distinta literal indica diferencias estadísticas (P≤0.05).

*TRAT= Tratamiento, PC= Proteína cruda, NUC= Nucleótidos, SEM= Semana, EEM= Error estándar de la media, PI= Peso inicial, PF= Peso final, GDP= Ganancia diaria de peso, COA = Consumo de alimento, CA = Conversión alimenticia, GCM= Ganancia de carne magra.

** Variables analizadas usando PROC MIXED de SAS.

*** Variables analizadas usando PROC GLM de SAS.

+ Covariable.

Cuadro 8. Características de la canal y concentración de urea en plasma en cerdos machos castrados en finalización, alimentados con dietas con tres niveles de proteína y dos niveles de nucleótidos.

TRA	PC	NUC	Características de la canal***						UREA*** (mg/dL)
			GDI (mm)	GDF (mm)	AMLI (cm ²)	AMLF (cm ²)	% CMI	% CMF	
1	14.1	0.00	5.40	11.20	19.67	32.40	40.03	38.50	25.20 ^a
2	14.1	0.75	6.00	11.00	20.21	28.55	40.01	37.41	23.98 ^{ab}
3	12.1	0.00	6.00	12.25	21.63	31.57	40.64	37.67	19.51 ^{bc}
4	12.1	0.75	5.60	11.60	21.85	33.78	40.91	38.51	18.97 ^{bc}
5	10.1	0.00	5.80	10.60	19.40	28.15	40.16	37.82	15.88 ^{cd}
6	10.1	0.75	5.40	9.60	20.59	28.23	40.56	38.27	12.32 ^d
EEM			0.87	1.33	1.75	3.79	0.67	1.08	2.77
Efectos principales									
	14.1		5.70	11.10 ^{ab}	19.94	30.47	40.02	37.95	24.60 ^a
	12.1		5.78	11.89 ^a	21.76	32.79	40.79	38.14	19.21 ^b
	10.1		5.60	10.10 ^b	19.99	28.19	40.36	38.04	14.09 ^c
		0.0	5.71	11.29	20.13	30.64	40.24	38.02	20.25
		0.75	5.67	10.73	20.87	30.19	40.49	38.06	18.42
Fuente de variación			valor de P						
PC				0.04		0.22		0.96	0.01
NUC				0.27		0.51		0.87	0.10
PC X NUC				0.96		0.24		0.14	0.47
PI ⁺						0.01			
GDI ⁺				0.01					

a, b, c, d Medias de tratamiento o efecto principal con distinta literal indica diferencias estadísticas (P≤0.05).

*TRAT= Tratamiento, PC= Proteína cruda, NUC= Nucleótidos, EEM= Error estándar de la media, GDI= Grasa dorsal inicial, GDF= Grasa dorsal final, AMLI= Área de músculo longissimus inicial, AMLF= Área del músculo longissimus final, CMI= Carne magra inicial, CMF= Carne magra final; UREA= Concentración de urea en plasma.

*** Variables analizadas usando PROC GLM de SAS

+ Covariables.

La concentración de urea en plasma disminuyó al reducirse la PC en la dieta (P≤0.01), siendo diferente entre los tres niveles de PC utilizados, pero no se afectó por la adición de NUC (P>0.10); tampoco se observaron efectos de interacción PC×NUC sobre esta variable (P>0.05). Sin embargo, la comparación entre promedios indicó que hubo diferencias significativas entre T1 (dieta con 14.1% PC) y las dietas con 12.1 y 10.1% (T3-T6). Así mismo, hubo diferencias entre T3 y T4 (12.1% PC) con respecto a T6 (10.1% PC con adición de 0.75% de NUC), que fue el tratamiento con menor concentración de urea en plasma. En general se observó una reducción promedio de urea en plasma de 11.3% por punto porcentual de reducción en PC.

VIII DISCUSIÓN

8.1. ADICIÓN DE OLIGOMANANOS Ó NUCLEÓTIDOS

Los resultados obtenidos en ambos experimentos indican que tanto OM como NUC no influyen sobre la respuesta productiva ni las características de la canal, lo que coincide con lo observado por Chiquieri *et al.* (2006) quienes, al evaluar el efecto de *Saccharomyces cerevisiae* como estimulante del crecimiento en cerdos en crecimiento-finalización, no encontraron diferencias en COA, GDP, CA, AML y GD. En otras investigaciones (Davis *et al.* 2002b; Tibbetts, 2002; LeMieux *et al.*, 2003; Davis *et al.*, 2004b; Mateo *et al.*, 2004; Rozeboom *et al.*, 2005) se reportan mejores resultados con animales más jóvenes, estresados o con desequilibrio de la flora microbiana.

Se esperaba que los OM y NUC tuviesen un desempeño similar al de los APC disminuyendo la concentración de urea en plasma por incrementar la eficiencia de utilización de la proteína (Williams, 1995; Klopfenstein *et al.*, 2002). Puede apreciarse una tendencia ($P < 0.09$) a disminuir la concentración de urea en plasma por adición de 0.75% de NUC en la dieta; pero estadísticamente no se observó efecto alguno de ambos aditivos sobre dicha variable.

8.2. RESPUESTA PRODUCTIVA

Los resultados obtenidos en ambos experimentos indican que al reducir 4 o más unidades porcentuales la PC en dietas con base sorgo-pasta de soya, con y sin inclusión de OM o NUC, disminuye el comportamiento productivo de los cerdos, comparado con aquellos alimentados con dietas con niveles de PC recomendados (14%). La reducción de GDP, COA, PF y GCM coincide con los resultados reportados por Ward y Southern (1995), Gómez *et al.* (2002), y Figueroa *et al.* (2002 y 2004), quienes evaluaron el desempeño de cerdos alimentados con dietas a base de maíz ó sorgo-pasta de soya, reducidas en más de 4 puntos porcentuales de proteína y suplementadas con lisina, treonina, triptófano y metionina sintéticos. Observaron una disminución en GDP, la cual

dedujeron se debía a una deficiencia de aminoácidos esenciales y no esenciales como valina, isoleucina, histidina, arginina, ácido glutámico, prolina y glicina. En cuanto a la presente investigación, en ambos experimentos al reducir el nivel de proteína cruda a 9.5 y 10.1%, los niveles de histidina, isoleucina y valina (Cuadro 3 y 4) están por debajo de los requerimientos sugeridos por el NRC (1998). Por ello también podrían ser limitantes otros aminoácidos no esenciales por falta de esqueletos carbonados y nitrógeno no proteico para su síntesis, y la posible falta de otros nutrientes.

Tuitoek *et al.* (1997) también observaron una tendencia a disminuir la GDP mientras menor sea el nivel de PC (11%), y una respuesta productiva similar a las dietas testigo con un nivel de 12.8% de PC, lo cual concuerda con los resultados del experimento 2, donde la mejor respuesta se obtuvo con una reducción de tan solo 2%, en estas dietas (Cuadro 4) en las cuales los requerimientos de todos los aminoácidos esenciales se cubrían. Los resultados de otros autores (Kerr y Easter, 1995; Kerr *et al.*, 1995; Myer *et al.*, 1996; Tuitoek *et al.*, 1997; Knowles *et al.*, 1998; Shriver *et al.*, 2003) sugieren que cerdos alimentados con dietas con baja proteína varían su respuesta dependiendo de la cantidad y el tipo de aminoácidos que se adicionen a la ración. Agregando isoleucina, valina o histidina además de lisina, treonina, triptófano y metionina, se obtiene la misma respuesta productiva entre dietas bajas en proteína y estándar.

La disminución en el COA por efecto de la reducción del nivel de PC, provocó menor GDP y PF, lo cual coincide con los resultados reportados por Ward y Southern (1995), Gómez *et al.* (2002) y Le Bellego *et al.* (2002), quienes indican que los cerdos alimentados con dietas con mayor cantidad de proteína intacta tienen mayor COA y mejor GDP. La disminución de COA podría explicarse por la menor cantidad de proteína intacta que tal vez redujo la palatabilidad.

En el experimento 1 se observó aumento en la CA, lo cual fue similar a lo reportado por Knowles *et al.* (1998), Gómez *et al.* (2002) y Figueroa *et al.* (2004), quienes al reducir más de 4% PC observaron que disminuyó la GDP,

manteniéndose el mismo consumo en dietas testigo y bajas en proteína. Aunque en éste experimento tanto COA como GDP disminuyeron por efecto de la reducción proteica, lo que afecta principalmente a la CA es la menor GDP que obtuvieron los cerdos alimentados con el menor nivel de proteína durante ese experimento. Cabe mencionar que estas dietas (Cuadro 3) no contenían pasta de soya, por lo que la proteína intacta se debió solo al aporte del sorgo; si la velocidad con que se disponen aminoácidos cristalinos para el anabolismo es menor a la de los aminoácidos de proteína intacta, los aminoácidos sintéticos se oxidarán antes y para sintetizar músculo se necesita el aporte completo de aminoácidos al mismo tiempo, por lo tanto pudo darse una reducción de la deposición de proteína corporal.

La GCM fue menor para las dietas con menor nivel de proteína, aunque el %CMF no fue diferente en los dos experimentos. Resultados similares observaron Ward y Southern (1995), Gómez *et al.* (2002) y Figueroa *et al.* (2004), al evaluar dietas bajas en proteína que también tenían deficiencias de histidina, isoleucina y valina. Se asume que por la misma causa en éste experimento se limitó la adecuada síntesis de proteína corporal.

8.3. CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL

En el experimento 1, se redujo el AML por efecto de la reducción de proteína, tendencia similar a la encontrada previamente por Kerr *et al.* (1995), Knowles *et al.* (1998), Shriver *et al.* (2003), y Figueroa *et al.* (2004) quienes indican que con una mayor cantidad de proteína intacta se promueve mayor retención de nitrógeno para sintetizar músculo, en comparación con la proteína adicionada con aminoácidos sintéticos. En éste experimento dicho comportamiento también puede deberse a un desequilibrio de aminoácidos con respecto al perfil ideal, ya que el óptimo cambia conforme se incrementa el peso de los animales y pueden verse limitados otros AAE, AANE, y la disponibilidad de otros nutrientes (Chung y Baker, 1992), por lo que los animales alcanzan menor PF y consecuentemente menor AMLF.

La GDF fue diferente en el experimento 2, lo cual coincide con lo encontrado por Kerr y Easter (1995), Tuitoek *et al.* (1997), y Le Bellego *et al.* (2002), quienes observaron un aumento en la GD cuando se reduce 3 o 5% la PC, debido a un incremento de la retención de energía en forma de grasa. En éste experimento, la mayor GDF se observó en aquellos animales que recibieron dietas con 12% PC. Dicho comportamiento quizás se deba a un menor requerimiento de energía para síntesis de músculo, por lo cual la energía sobrante se redireccionó para sintetizar de tejido adiposo. Este supuesto se fundamenta en las investigaciones de Chen *et al.* (1999), quienes evaluaron la respuesta productiva y las características de la canal de cerdos alimentados con exceso de proteína; observaron menor GDF a mayor PC en la dieta debido a que en el metabolismo se gasta más energía para eliminar el exceso de N, por lo tanto, hay menos energía disponible para el crecimiento.

8.4. CONCENTRACIÓN DE UREA

La concentración de urea en plasma observada en ambos experimentos disminuye al reducirse el nivel de proteína en la dieta y adicionando aminoácidos sintéticos. En general se reporta una reducción de 8 a 12 % por cada punto porcentual en que se disminuye la PC (Kerr y Easter, 1995; Ward y Southern, 1995; Knowles *et al.*, 1998; Figueroa *et al.*, 2002; Shriver *et al.*, 2003; Figueroa *et al.*, 2004), con lo cual coinciden los resultados observados para los dos experimentos realizados. La reducción de urea en plasma indica menor exceso de aminoácidos en la dieta y se refleja en la disminución de nitrógeno en orina. Por el contrario, altos niveles indicarían un uso ineficiente de la proteína, un exceso y/o un desequilibrio entre aminoácidos (Friesen *et al.*, 1994; Chen *et al.*, 1995; Knowles *et al.*, 1998). Por lo tanto, se puede sugerir que cerdos alimentados con DBP tienen una mejor utilización de la PC de la dieta (Shriver *et al.*, 2003; Otto *et al.*, 2003). Con la reducción de N en excretas se reducen los olores y la emisión de NH₃ al ambiente en más de 10% por unidad porcentual de reducción de la PC (Canh *et al.*, 1998; Lenis *et al.*, 1999; Le Bellego *et al.*, 2002).

IX CONCLUSION

Al analizar la respuesta productiva, las características de la canal, y la concentración de urea en plasma de cerdos en finalización alimentados con dietas estándar y bajas en proteína basadas en sorgo-pasta de soya, adicionadas con oligomananos o una fuente rica en nucleótidos, no se observó diferencia sobre las variables por efecto de dichos aditivos, por lo que no se sustenta su inclusión ya que incrementan el costo de la dieta \$0.30/kg de alimento en promedio.

Las dietas bajas en proteína disminuyeron la concentración de urea en plasma, demeritaron la respuesta productiva y las características de la canal.

Por lo tanto se concluye que los cerdos en finalización alimentados con dietas sorgo-pasta de soya bajas en proteína, suplementadas con aminoácidos sintéticos y adicionadas con oligomananos o nucleótidos, no mejoran la respuesta productiva ni mantienen las características de la canal en comparación con cerdos alimentados con dieta estándar.

X LITERATURA CITADA.

- Adjei A. A., Y. Ohshiro, K. Yamauchi, Y. Nakasone, K. Shimada, M. Iwanaga, and S. Yamamoto. 1994. Intraperitoneal administration of nucleoside-nucleotide mixture inhibits endotoxin-induced bacterial translocation in protein-deficient mice. *T. J. Exp. Med.* 174(1): 1-10.
- Alltech. 2005. Glycomics, Bio-Mos and the future of animal health and performance. <http://www.alltech.com/bio-mos/about.htm> Consulta realizada en diciembre de 2006.
- AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA. pp. 37-38.
- Ávila, E. G., A. S. Shimada, y G. Llamas. 1990. Anabólicos y aditivos en la producción pecuaria. 1^a. Edición. Sistema de educación continua en producción animal en México. A.C. México. 253 p.
- Armstrong, T. A., C. M. Williams, J. W. Spears, and S. S. Schiffman. 2000. High dietary copper improves odor characteristics of swine waste. *J. Anim. Sci.* 78: 859-864.
- Baker, D. H. 1995. Ideal protein for chicks and swines. Proc. Arkansas Nutrition Conference. 22 p.
- Baker, D. H. 1996. Advances in amino acid nutrition and metabolism of swine and poultry. In: Nutrient management of food animals to enhance and protect the environment. ed. E.T. Kornegay. pp. 41-53.
- Baker, D. H. 1997. Ideal amino acid profiles for swine and poultry and their applications in feed formulation. Biokyowa Technical Review No. 9. pp. 23.
- Becker, R. E., S. W. Terrill, R. O. Nesheim, and R. J. Meade. 1951. Comparison of antibiotics for growing-fattening pigs. Mimeograph. A.S. University of Illinois. 215 p.
- Bellisle, F., A. T. Diplock, and H. G. Hornstra. 1998. Functional food science in Europe. *J. Nutr.* 80(Suppl. 1): S3-S4.
- Bowen, S., and A. E. Wheals. 2006. Ser/Thr-rich domains are associated with genetic variation and morphogenesis in *Saccharomyces cerevisiae* yeast. *Molecular Biology and Evolution* 23: 633-640.

- Braude, R. K., L. G. Mitchel, A. W. Myres, M. J. Newport, and A. Cuthbertson. 1972. The replacement of protein concentrates by synthetic lysine in the diet of growing pigs. *Br. J. Nutr.* 27: 169-175.
- Braude, R. H., D. Wallace, and T. J. Cunha. 1953. The value of antibiotics in the nutrition of swine: a review. *Antibiot. Chemother.* 3: 271-291.
- Bridges, T. C., L. W. Turner, G. L. Cromwell, and J. L. Pierce. 1995. Modeling the effects of diet formulation on nitrogen and phosphorus excretion in swine waste. *Appl. Engin. Agric.* 11: 731-739.
- Burkey, T. E., S. S. Dritz, J. C. Nietfeld, B. J. Johnson, and J. E. Minton. 2004. Effect of dietary mannan oligosaccharide and sodium chlorate on the growth performance, acute-phase response, and bacterial shedding of weaned pigs challenged with *Salmonella enterica* serotype *Typhimurium*. *J. Anim. Sci.* 82: 397-404.
- Canh, T. T., A. J. A. Aarnink, J. B. Schutte, A. Sutton, D. J. Langhout, and M. W. A. Verstegen. 1998. Dietary protein affects nitrogen excretion and ammonia emission from slurry of growing-finishing pigs. *Livest. Prod. Sci.* 56: 181-191.
- Carter, S. D., G. L. Cromwell, M. D. Lindemann, L. W. Turner, and T. C. Bridges. 1996. Reducing N and P excretion by dietary manipulation in growing and finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 74(Suppl 1): 59-68.
- Carver, J. D. 1999. Dietary nucleotides: effects on the immune and gastrointestinal systems. *Pediatrics* 88(430): 83-88.
- Castañeda, S. J., D. Sierra, y J. A. Cuarón. 1995. Lisina en función de la proteína, cuando se formula a un perfil ideal de aminoácidos para cerdos en crecimiento. Memoria del VII Congreso Nacional de la Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal. 187 p.
- Catron, D. V., A. H. Jensen, P. G. Homeyer, H. M. Maddock, and G. C. Ashton. 1952. Reevaluation of protein requirements of growing-fattening swine as influenced by feeding an antibiotic. *J. Anim. Sci.* 11: 221-232.
- Centro de estadística agropecuaria.
<http://www.sagar.gob.mx/Cea/Monitor/monitor.htm> Consulta realizada en enero de 2007.

- Charney, A. L., and E. P. Marbach. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clin. Chem.* 8: 130-132.
- Chen, H. Y., P. S. Miller, A. J. Lewis, C. K. Wolverton, and W. W. Stroup. 1995. Changes in plasma urea concentration can be used to determine protein requirements of two populations of pigs with different protein accretion rates. *J. Anim. Sci.* 73: 2631-2639.
- Chen, H. Y., A. J. Lewis, P. S. Miller, and J. T. Yen. 1999. The effect of excess protein on growth performance and protein metabolism of finishing barrows and gilts. *J. Anim. Sci.* 77: 3238-3247.
- Chiquieri, J. M. S., R. T. R. N. Soares, J. C. D. Souza, V. L. Hurtado, R. A. Ferreira, y B. G. Ventura. 2006. Probiótico y prebiótico en la alimentación de cerdos en crecimiento y terminación. *Arch. Zootec.* 55: 305-308.
- Chung, T. K., and D. H. Baker. 1992. Ideal amino acid pattern for 10-kilogram pigs. *J. Anim. Sci.* 70: 3102-3111.
- Collins, M. D., and G. R. Gibson. 1999. Probiotic, prebiotic and symbiotic: approaches for modulating the microbial ecology of the gut. *Am. J. Clin. Nutr.* 69 (Suppl. 1): 1052s-1057s.
- Confederación nacional de organizaciones ganaderas.
<http://www.cng.com.mx/> Consulta realizada en agosto de 2007.
- Cromwell, G. L. 1989. Nuevos aditivos alimenticios en la industria porcina, vol. 9 (6): 7-12 pp.
- Cromwell, G. L. 2002. Why and how antibiotics are used in swine production. *Anim. Biotechnol.* 13: 7-27.
- Davis, M. E., C. V. Maxwell, D. C. Brown, and T. J. Wistuba. 2002a. Growth performance and immune parameters of weanling pigs fed mannan-oligosaccharides. *J. Anim. Sci.* 80(Suppl 1): 40-51.
- Davis, M. E., C. V. Maxwell, D. C. Brown, B. Z. de Rodas, Z. B. Johnson, E. B. Kegley, D. H. Hellwig, and R. A. Dvorak. 2002b. Effect 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.

- Davis, M. E., C. V. Maxwell, G. F. Erf, D. C. Brown, and T. J. Wistuba. 2004a. Dietary supplementation with phosphorylated mannans improves growth response and modulates immune function of weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 82: 1882-1891.
- Davis, M. E., D. C. Brown, C. V. Maxwell, Z. B. Johnson, E. B. Kegley, and R. A. Dvorak. 2004b. Effect of phosphorylated mannans and pharmacological additions of zinc oxide on growth and immunocompetence of weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 82: 581-587.
- Diaz, A. H. 2004. Mejora de la competencia inmune a través del uso de nucleótidos.
<http://www.cerdosswine.com/septiembre%202004/biotecnologia.htm>
 Consulta realizada en septiembre de 2005.
- Donham, K. J. 1990. Health effects from work in swine confinement buildings. *Am. J. Ind. Med.* 17: 17-25.
- Donham K. J., J. Yeggy, and R. R. Dague. 1985. Production rates of toxic gases from liquid swine manure: Health implications for workers and animals in swine confinement buildings. *Biol. Wastes* 24: 161-173.
- Dourmad, J. Y., B. Seve, P. Latimer, S. Boisen, J. Fernandez, C. van der Peet-Schwering, and A. W. Jongbloed. 1999. Nitrogen consumption, utilization and losses in pig production in France, The Netherlands and Denmark. *Livest. Prod. Sci.* 58: 261-264.
- Dritz, S. S., M. D. Tokach, R. D. Goodband, and J. L. Nelssen. 1997. *Feed Additive Guidelines for Swine, MF2303*. Kansas State University. 348 p.
- Eidelsburger, U. 1998. Feeding short-chain organic acids to pigs. In: *Recent Advances in Animal Nutrition*. Nottingham, United Kingdom. pp. 93-106.
- Fairchild A. S., J. L. Grimes, F. T. Jones, M. J. Wineland, F. W. Edens, and A. E. Sefton. 2001. Effects of hen age, Bio-Mos and flavomycin on poul susceptibility to oral *Escherichia coli* challenge. *Poultry Science* 80: 562-571.
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Estadísticas. http://www.fao.org/es/ess/yearbook/vol_1_1/pdf/b02.pdf
 Consulta realizada en febrero de 2007.

- Ferket, P. R., E. T. A. van Heugten, T. G. van Kempen, and R. Angel. 2002. Nutritional strategies to reduce environmental emissions from nonruminants. *J. Anim. Sci.* 80(E. Suppl. 2): E168-E182.
- Fick, K. R., L. R. McDowell, R. H. Miles, N. S. Wilkins, J. D. Funk, J. H. Conrad, y R. Valdivia. 1979. Métodos de análisis de minerales para tejidos de plantas y animales. 2da. edición. Departamento de Ciencia Animal, Universidad de Florida. Gainesville, Florida, E.E.U.U. pp. 601-701.
- Figueroa J. L., A. J. Lewis, P. S. Miller, R. L. Fischer, R. S. Gómez, and R. M. Diedrichsen. 2002. Nitrogen metabolism and growth performance of gilts fed standard corn-soybean meal diets or low-crude protein, amino acid-supplemented diets. *J. Anim. Sci.* 80: 2911-2919.
- Figueroa, J. L., M. Cervantes, M. Cuca, y M. Méndez. 2004. Respuesta de cerdos en crecimiento y finalización a dietas con baja proteína y energía. *Agrociencia* 38: 383-393.
- Figueroa, J. L., E. E. Chi, M. Cervantes, y I. Domínguez. 2006. Alimentos funcionales para cerdos al destete. *Vet. Méx.* 37(1): 117-136.
- Franklin, S. T., K. E. Newman, M. C. Newman, and K. I. Meek. 2005. Immune parameters of dry cows fed mannan-oligosaccharides and subsequent transfer of immunity to calves. *J. Dairy Sci.* 88: 766-775.
- Friesen, K. G., J. L. Nelsen, R. D. Goodband, M. D. Tokach, J. A. Unruh, D. H. Kropf, and B. J. Kerr. 1994. Influence of dietary lysine on growth and carcass composition of high-lean-growth gilts fed from 34 to 72 kilograms. *J. Anim. Sci.* 62: 1761-1770.
- Fuller, R. 1989. Probiotics in man and animals. *J. Appl. Bacteriol.* 66: 365-378.
- Gallardo, N. J. L. 2004. Situación Actual y Perspectiva de la Producción de Carne de Porcino en México 2004. Coordinación General de Ganadería. SAGARPA. <http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg/indexporcino.htm>. Consulta realizada 17 de abril 2005.
- Gallardo, N. J. L. 2006. Situación Actual y Perspectiva de la Producción de Carne de Porcino en México 2006. Coordinación General de Ganadería. SAGARPA. <http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg/indexporcino.htm>. Consulta realizada 30 de junio 2007.

- García, G. A. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarla a las condiciones de la República Mexicana). 4ª ed. México, D.F. 217 p.
- Gaskins, H. R., C. T. Collier, and D. B. Anderson. 2002. Antibiotics as growth promotants: Mode of action. *Anim. Biotechnol.* 13: 29-42.
- Gibson, G. R, and M. B. Roberfroid. 1995. Dietary modulation of the human colonic microbiota: Introducing the concept of probiotics. *J. Nutr.* 125: 1401-1412.
- Gonçalves, X. E., F. Rutz, y P. Rossi. 2005. Uso de una fuente rica en nucleótidos, proteínas e inositol (NuPro^{MR}) en dietas para cerdos. Proc. Alltech's 21TH Annual Symposium. Lexington, Kentucky, USA. pp. 49-61.
- Gómez, S., A. J. Lewis, P. S. Miller, and H. Y. Chen. 2002. Growth performance, diet apparent digestibility, and plasma metabolite concentrations of barrows fed corn-soybean meal diets or low-protein, amino acid-supplemented diets at different feeding levels. *J. Anim. Sci.* 80: 644-653.
- Gralapp, A. K., W. J. Powers, M. A. Faust, and D. S. Bundy. 2002. Effects of dietary ingredients on manure characteristics and odorous emissions from swine. *J. Anim. Sci.* 80: 1512-1519.
- Gropp, J. 1989. Angepa te Fütterung senkt Stickstoff-Emissionen. Leistungsförderer liefern Beitrag zur Umweltentlastung. Sonderdruck aus Ernährungsdienst, Huhn und Schwein. *Dt Getreidezeitung* 67: 11-12.
- Guerrero, A. F. 1999. Resultados productivos al formular con proteína ideal y aminoácidos digestibles (formulación precisa) en cerdos. ADM Bioproductos México. 26 p.
- Heinrichs, A. J., C. M. Jones, and B. S. Heinrichs. 2003. Effects of mannan oligosaccharide or antibiotics in neonatal diets on health and growth of dairy calves. *J. Dairy Sci.* 86: 4064-4069.
- Hillman, K. 2001. Bacteriological aspects of the use of antibiotics and their alternatives in the feed of non-ruminant animals. In: *Recent Advances in Animal Nutrition*. P. C. Garnsworthy and J. Wiseman, eds. Nottingham University Press, Nottingham. 245 p.

- Hobbs, P. J., B. F. Pain, R. M. Kay, and P. A. Lee. 1996. Reduction of odorous compounds in fresh pig slurry by dietary control of crude protein. *J. Sci. Food Agric.* 71: 508-514.
- Indice nacional de precios a los productores.
http://www.sefintab.gob.mx/filemanager/filedownload/phpdfwNw5/ley_imp_renta.pdf. Consulta en febrero de 2007.
- Iruegas, E. L. F. 2003. Perspectiva de la red de carne de cerdo en México en 2003. FIRA. Dirección de análisis de cadenas productivas y servicios técnicos especializados. 1-13 pp.
- Just, A. 1982. The net energy value of crude (catabolized) protein for growth in pigs. *Livest. Prod. Sci.* 9: 349-360.
- Kerr, B. J., F. K. McKeith, and R. A. Easter. 1995. Effect on performance and carcass characteristics of nursery to finisher pigs fed reduced crude protein, amino acid-supplemented diets. *J. Anim. Sci.* 73: 433-440.
- Kerr, B. J., and 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.
- Klasing, K. C. 2001. Enfoques nutricionales para proteger la salud animal. En: *Biotechnología en la Industria de la Alimentación Animal Vol. VIII.* Alltech. México. pp. 65-79.
- Klopfenstein, T., R. Angel, G. L. Cromwell, F. E. Erickson, D. G. Fox, C. Parsons, L. D. Satter, and A. L. Sutton. 2002. Animal diet modification to decrease the potential for nitrogen and phosphorus pollution. Council for Agricultural Science and Technology (CAST) Issue Paper 21. pp. 1-16.
- Knowles, T. A., L. L. Southern, T. D. Bidner, B. J. Kerr, and K. G. Friesen. 1998. Effect of dietary fiber or fat in low-crude protein, crystalline amino acid-supplemented diets for finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 76: 2818-2832.
- Le Bellego, L., J. van Milgen, and J. Noblet. 2002. Effect of high temperature and low-protein diets on the performance of growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 80: 691-701.

- Leclercq, B. 2002. El concepto de proteína ideal y el uso de aminoácidos sintéticos: estudio comparativo entre pollos y cerdos. XIV Curso de especialización: Avances en Nutrición y Alimentación Animal. Nouzilly, France. www.fedna.org. Consulta realizada en agosto de 2007.
- Lehninger, L. A. 1995. Bioquímica. Las bases moleculares de la estructura y función celular. Cap. 26: Biosíntesis de nucleótidos. Editado por: Omega S.A. Barcelona, España. pp. 739-757.
- LeMieux, F. M., L. L. Southern, and T. D. Bidner. 2003. Effect of mannan oligosaccharides on growth performance of weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 81: 2482-2487.
- Lenis, P. N., T. M. Hans, P. D. Bikker, A. W. Jongbloed, and J. D. V. Maulen. 1999. Effect of the ratio between essential and non essential aminoacids in the diet on utilization of nitrogen and amino acids by growing pigs. *J. Anim. Sci.* 77: 1777-1787.
- Littell, R. C., G. A. Milliken, W. W. Stroups, and R. D. Wolfinger. 2004. SAS System for Mixed Models. SAS Publishing. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. 633 p.
- Machado, L. R., y A. M. Penz. 1993. Digestibilidad de los aminoácidos. Universidad Federal de Río Grande del Sur. Facultad de Agronomía. Porto Alegre, Brasil. 10 p.
- Maribo, H. 2003. Report 526. NuPro 2000 for weaners. The National Committees for Pig Production. Danish Bacon & Meat Council. <http://www.danskeslagterier.dk/smcms>. Consulta realizada 14 de abril 2005.
- Marín, J., y R. J. Corley. 1984. Efecto de diferentes niveles de proteína con suplementación de lisina cristalina (L-lisina HCl) en cerdos en acabado. II. Digestibilidad aparente de aminoácidos medida en todo el tracto digestivo. *Agronomia Costarricense* 8(2): 135-139.
- Martínez, A. M. 2005. Dietas sorgo-pasta de soya con baja proteína y baja energía para cerdos en engorda. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 60 p.
- Mateo, C. D., D. N. Peters, and H. H. Stein. 2004. Nucleotides in sow colostrum and milk at different stage of lactation. *J. Anim. Sci.* 82: 1339-1342.

- Maynard, L. A., J. K. Loosli., H. F. Hintz, y R. G. Warner. 1981. *Nutrición animal*. 7ª. Edición. McGraw-Hill. México. 640 p.
- Monsand, P. F., and F. Paul. 1995. Oligosaccharide feed additives. In: *Biotechnology in Animal Feeds and Animal Feeding*. Edited by: R. J. Wallace and A. Chesson, Weinheim Germany. pp. 233-245.
- Myer, R. O., J. H. Brendemuhl, and R. D. Barne. 1996. Crystalline lysine and threonine supplementation of soft red winter wheat or triticale, low-protein diets for growing-finishing swine. *J. Anim. Sci.* 74: 577-583.
- Navarro, J., A. R. Bravo, and M. J. Varela. 1996. Modulation of antibody-forming cell and mitogen-driven lymphoproliferative responses by dietary nucleotides in mice. *Immunology Letters* 53: 141-145.
- Newman, K. 1994. Mannan-oligosaccharides: natural polymers with significant impact on the gastrointestinal microflora and the immune system. In: *Biotechnology in the Feed Industry*. Proceedings of Alltech's 10th Annual Symposium (T. P. Lyons and K. A. Jacques, eds), Nottingham, UK, pp. 167-174.
- Nousiainen, J. T. 1991. Comparative observations on selected probiotics and olquinox as feed additives for piglets around weaning. 2. Effect on villus length and crypt depth in the jejunum, ileum, caecum and colon. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 66: 224-230.
- Nico, P. L., and T. M. Hans. 1999. Effect of the ratio between essential and nonessential amino acids in the diet on utilization of nitrogen and amino acids by growing pigs. *J. Anim. Sci.* 77:1777-1787.
- NRC (National Research Council). 1998. *Nutrient Requirements of swine*. 10th ed. National Academy Press. Washington, D.C. USA. pp. 110-123.
- NPPC. 1991. *Procedures to evaluate market hogs*. 3rd ed. National Pork Producers Council, Des Moines, Iowa.
- Nuñez, M. C., M. V. Ayduarte, D. Morales, M. D. Suárez, and A. Gil. 1990. Effect of dietary nucleotides on intestinal repair in rats with experimental chronic diarrhea. *J. Parent. Ent. Nutr.* 14(6): 598-604.

- Otto, E. R., M. Yokoyama, P. K. Ku, N. K. Ames, and N. L. Trottier. 2003. Nitrogen balance and ileal amino acid digestibility in growing pigs fed diets reduced in protein concentration. *J. Anim. Sci.* 81: 1743-1753.
- Parks, C. W., J. L. Grimes, P. R. Ferket, and A. S. Fairchild. 2001. The effect of mannan-oligosaccharides, bambarmycins, and virginiamycin on performance of Large White male market turkeys. *Poultry Science* 80: 718-723.
- Patterson, J. A., and K. M. Burkholder. 2003. Prebiotic feed additives: Rationale and use in pigs. In: 9th Symposium on Digestive Physiology in Pigs. Banff, Canada. pp. 16-22.
- Pierce, J. L., K. L. Enright, G. L. Cromwell, L. W. Turner, and T. C. Bridges. 1994. Dietary manipulation to reduce the N and P excretion by finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 72: 331-336.
- Prince, T. J., A. L. Sutton, R. D. von Bernuth, and M. W. Verstegen. 2000. Application of nutritional knowledge for developing econutrition feeding programs on commercial swine farms. *Proceedings of the American Society of Animal Science*. <http://www.asas.org/jas/symposia/proceedings/0931.pdf>
Consulta realizada en enero de 2007.
- Quan, R., and R. Uauy. 1991. Nucleotides and gastrointestinal development. *Sem. Pediatr. Gastr. Nutr.* 2: 3-11.
- Roberfroid, M. B. 2000. Concepts and strategy of functional food science: The European perspective. *Am. J. Clin. Nutr.* 71(Suppl. 1): 1660-1664.
- Robertson, J. F., D. Wilson, and W. J. Smith. 1990. Atrophic rhinitis: The influence of the aerial environment. *Anim. Prod.* 50: 173-182.
- Rotz, C. A. 2004. Management to reduce nitrogen losses in animal production. *J. Anim. Sci.* 82(E. Suppl.): E119-E137.
- Rozeboom, D. W., D. T. Shaw, R. J. Tempelman, J. C. Miguel, J. E. Pettigrew, and A. Connolly. 2005. Effects of mannan-oligosaccharides and an antimicrobial product in nursery diets on performance of pigs reared on three different farms. *J. Anim. Sci.* 83: 2637-2644.
- SAS. 1998. *SAS/STAT User's Guide*, Release 6.03. SAS Institute, Cary. N.C. 1028 p.

SAS. 1999. The SAS system for windows V8. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

Sahagún, R. R. 1997. Proteínas de tercera generación: Una proteína ideal para cerdos. Resultados en México. Biotecnología en la Industria de la Alimentación Animal Vol. V. Alltech. México. pp 327-337.

Sánchez, J. L. 2005. Conceptos, características y funciones generales de los glúcidos. Esp. 5pp. Diapositiva 97.
http://web.educastur.princast.es/proyectos/biogeo_ov/2BCH/B1_BIOQUIMICA/t13_GLUCIDOS/informacion.htm Consulta realizada en noviembre de 2007.

Schutte, J. B. 1989. Practical application of (bio) synthetic amino acids in poultry and pig diets. In: Nutrition and Digestive Physiology in Monogastric Farm Animals. Wageningen, The Netherlands. pp. 74-88.

Schreuzemir, J., and M. de Vrese. 2001. Probiotic, prebiotic and symbiotic - approaching a definition. Am. J. Clin. Nutr. 73(Suppl. 1): 361s-364s.

Secretaría de agricultura ganadería, pesca y desarrollo rural.
<http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg>. Consulta realizada en agosto de 2007.

Secretaria de economía. Sistema nacional de información e integración de mercados. <http://www.secofi-sniim.gob.mx/default.htm> Última consulta realizada en mayo 2007.

Shashidhara, R. G., and G. Devegowda. 2003. Effect of dietary mannan-oligosaccharides on broiler breeder production traits and immunity. Poultry Science 82: 1319-1325.

Shriver, J. A., S. D. Carter, B. W. Senne, and L. A. Pettey. 1999. Effects of adding wheat midds to low-crude protein, amino acid-supplemented diets on growth performance and carcass traits of finishing pigs. J. Anim. Sci. 77(Suppl. 1): 189-193.

Shriver, J. A., S. D. Carter, A. L. Sutton, B. T. Richer, B. W. Senne, and L. A. Pettey. 2003. Effects of adding fiber sources to reduced-crude protein, amino acid-supplemented diets on nitrogen excretion, growth performance, and carcass traits of finishing pigs. J. Anim. Sci. 81: 492-502.

Sistema integral de información agroalimentaria y pesquera.
<http://www.siea.sagarpa.gob.mx/> Consulta realizada en marzo de 2007.

- Steel, D. R. G., J. H. Torrie, and D. A. Dickey. 1997. Principles and procedures of statistics a biometrical approach. McGraw-Hill Co. 3° Edition. 666 p.
- Sutton, A. L., K. B. Kephardt, M. W. A. Verstegen, T. T. Cahn, and P. J. Hobbs. 1999. Potential for reduction of odorous compounds in swine manure through diet modification. *J. Anim. Sci.* 77: 430-439.
- Spring, P. 2001. Effect of NuPro2000 on commercial piglet performance in Switzerland. Report to Alltech. Zurich, Switzerland. 26 p.
- Tibbetts, G. W. 2002. Nucleotides from yeast extract: potential to replace animal protein sources in food animal diets. Proc. Alltech's 18TH Annual Symposium. pp. 435-443.
- Tuitoek, J. K., L. G. Young, C. F. M. de Lange, and B. J. Kerr. 1997. The effect of reducing excess dietary amino acids on growing-finishing pig performance: An evaluation of the ideal protein concept. *J. Anim. Sci.* 75: 1575-1583.
- Trujillo, J. E. 2005. Determinación del nivel óptimo de proteína en dietas sorgo-pasta de soya para cerdos en engorda. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. pp 71.
- Uauy, R., R. Quan, and A. Gil. 1994. Role of nucleotides in intestinal development and repair: implications for infants nutrition. *J. Pediatr. Gastroenterology Nutr.* 10: 1436S-1440S.
- Ward, T. L., and L. L. Southern. 1995. Sorghum amino acid-supplemented diets for the 50-to 100-kilograms pigs. *J. Anim. Sci.* 73: 1746-1753.
- Williams, P. E. 1995. Animal production and European pollution problems. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 53: 135-144.
- Williams, B. A., M. W. A. Verstegen, and S. Tamminga. 2001. Fermentation in the large intestine of single stomached animal and its relationship to animal health. *Nutr. Res. Rev.* 14: 207-227.
- Yu, V. Y. 1998. The role of dietary nucleotides in neonatal and infant nutrition. *Singapore Med. J.* 39: 145-150.
- Zambrana, L. 1999. Fisiología-Bioquímica II. Metabolismo de nucleótidos purínicos y pirimidínicos I y II. <http://www.aulavirtual.com.sv/Fisio2/fisio33.htm>
Consulta realizada 14 de abril 2005.

XI. ANEXOS

ANEXO A. Balance de carne de porcino y productos porcícolas en México de 1990 a 2005.

Año	Composición en volumen (toneladas)				Composición porcentual	
	Prod.	Imp.	Exp.	CNA	Prod.	Imp.
1990	757,351.0	180,548.9	510.8	937,389.1	80.7	19.3
1991	811,899.0	216,092.9	1,130.9	1,026,861.0	79.0	21.0
1992	819,782.0	234,270.1	3,681.9	1,050,370.2	77.7	22.3
1993	821,580.0	223,159.5	3,690.5	1,041,049.0	78.6	21.4
1994	872,907.0	279,142.3	3,678.3	1,148,371.0	75.7	24.3
1995	921,576.0	182,262.2	6,318.1	1,097,520.1	83.4	16.6
1996	910,290.0	196,044.2	14,184.2	1,092,150.0	82.0	18.0
1997	939,245.0	219,848.3	22,755.3	1,136,338.0	80.7	19.3
1998	960,689.0	279,272.2	21,809.4	1,218,151.8	77.1	22.9
1999	994,186.0	301,906.2	25,605.7	1,270,486.5	76.2	23.8
2000	1,029,955.0	363,376.7	31,710.8	1,361,620.9	73.3	26.7
2001	1,057,843.0	392,171.4	36,189.0	1,413,825.4	72.3	27.7
2002	1,070,246.3	427,228.2	23,869.2	1,473,605.3	71.0	29.0
2003	1,035,308.0	503,517.9	23,176.0	1,515,650.0	66.8	33.2
2004	1,064,382.0	612,547.8	28,331.3	1,648,598.6	62.8	37.2
2005	1,102,940.5	564,627.6	38,314.6	1,629,253.5	65.3	34.7

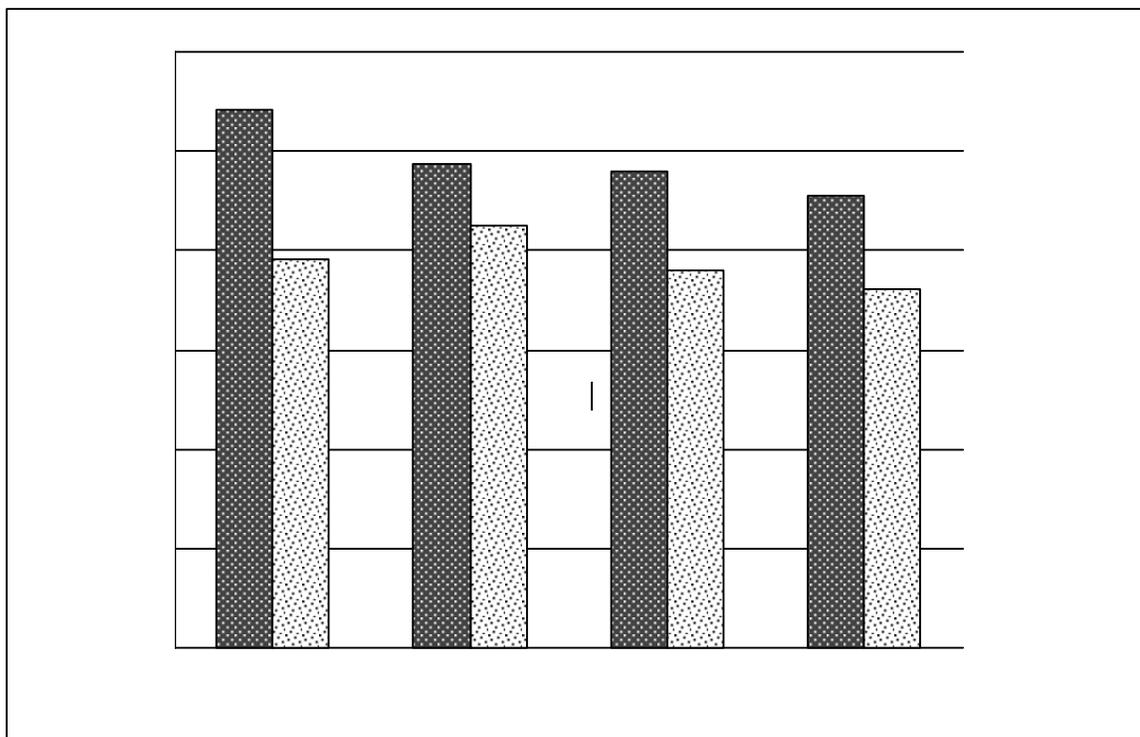
FUENTE: SAGARPA 2006.

Prod.=Producción, Imp.= Importación, Exp.= Exportación, CNA= Consumo nacional aparente.

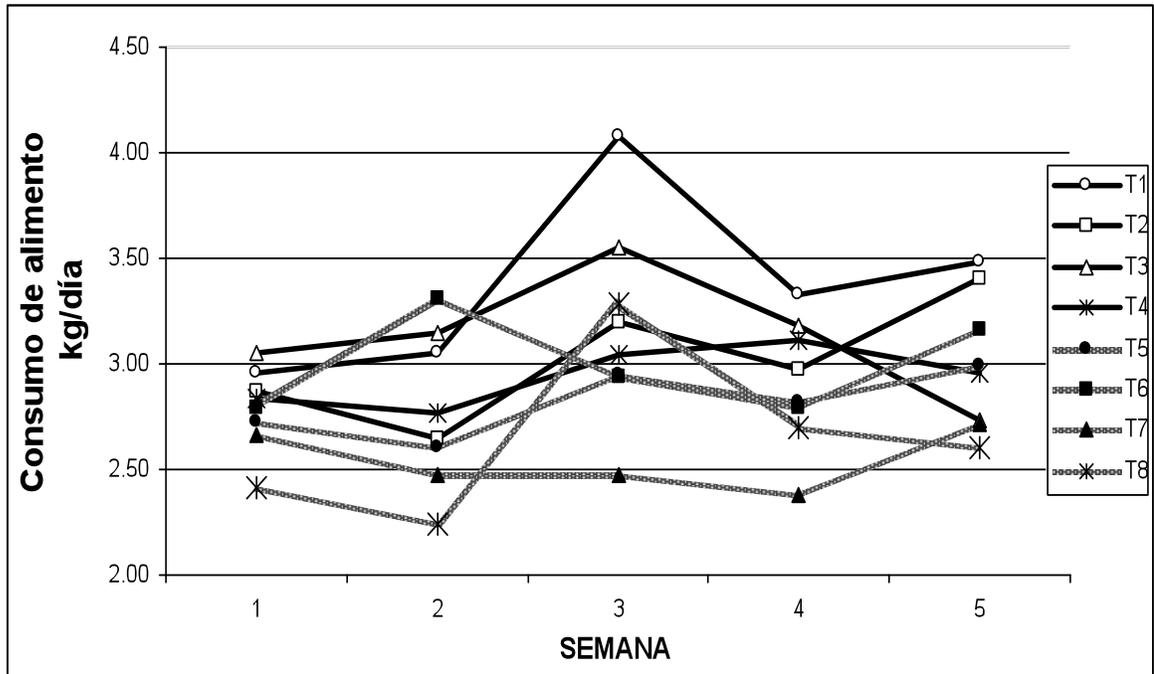
ANEXO B. GRAFICAS DE LAS VARIABLES CON DIFERENCIA SIGNIFICATIVA.



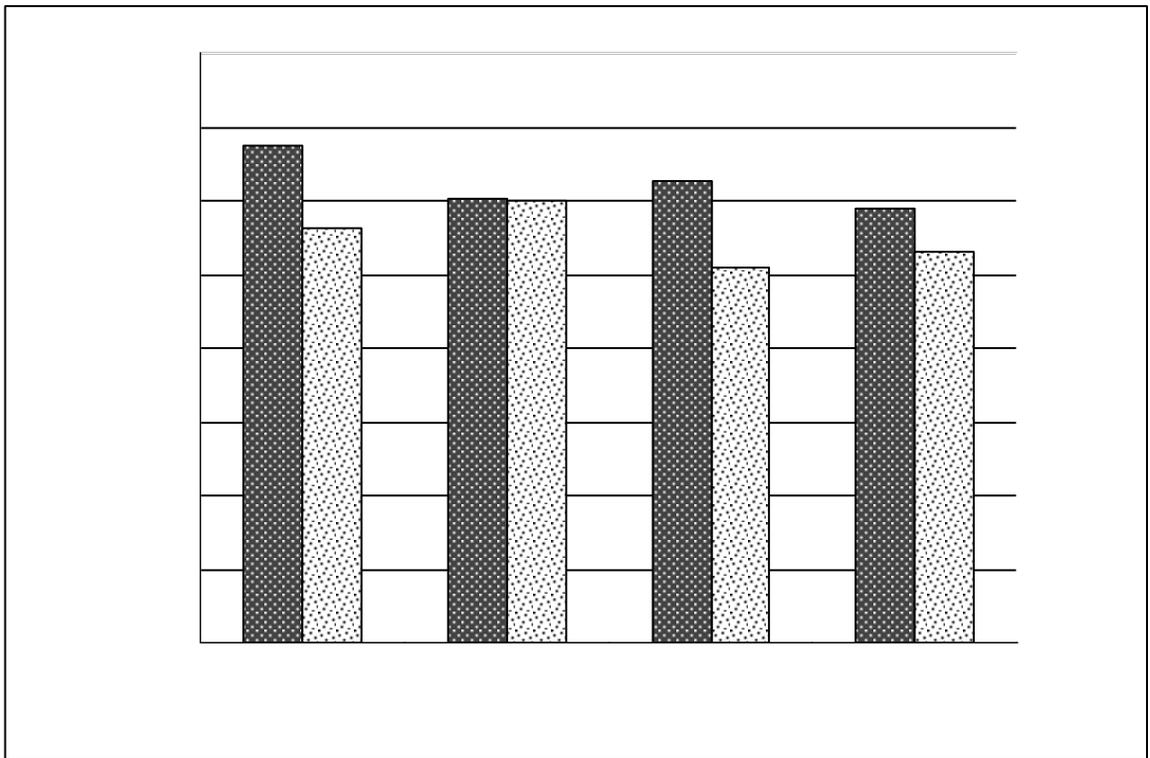
Gráfica 1. Promedio de la ganancia diaria de peso por semana para cada tratamiento del Exp. 1 (OM).



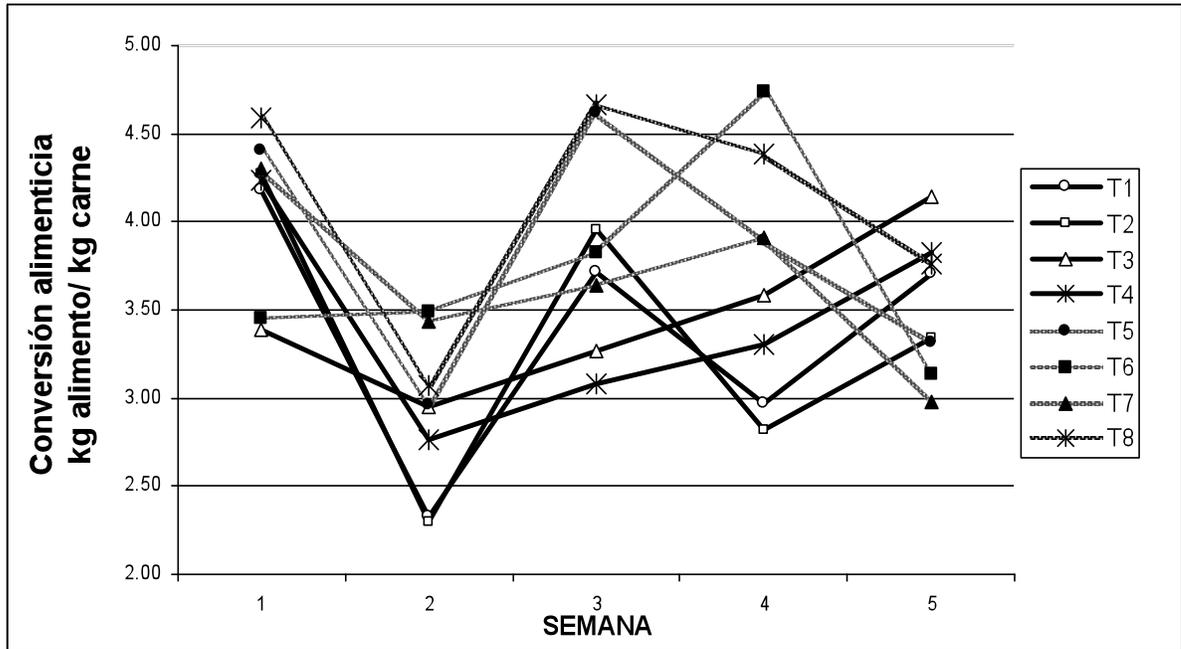
Gráfica 2. Promedio de la ganancia diaria de peso por efecto del nivel de proteína en el Exp. 1 (OM).



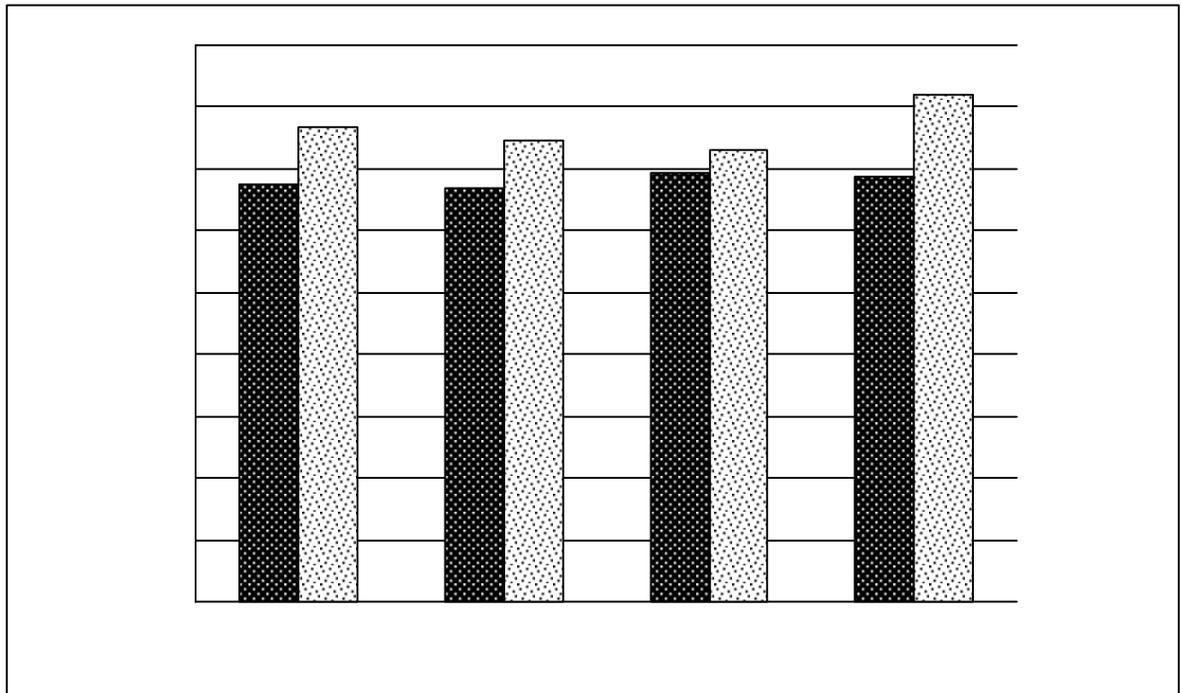
Gráfica 3. Promedio del consumo diario de alimento por semana para cada tratamiento del Exp. 1 (OM).



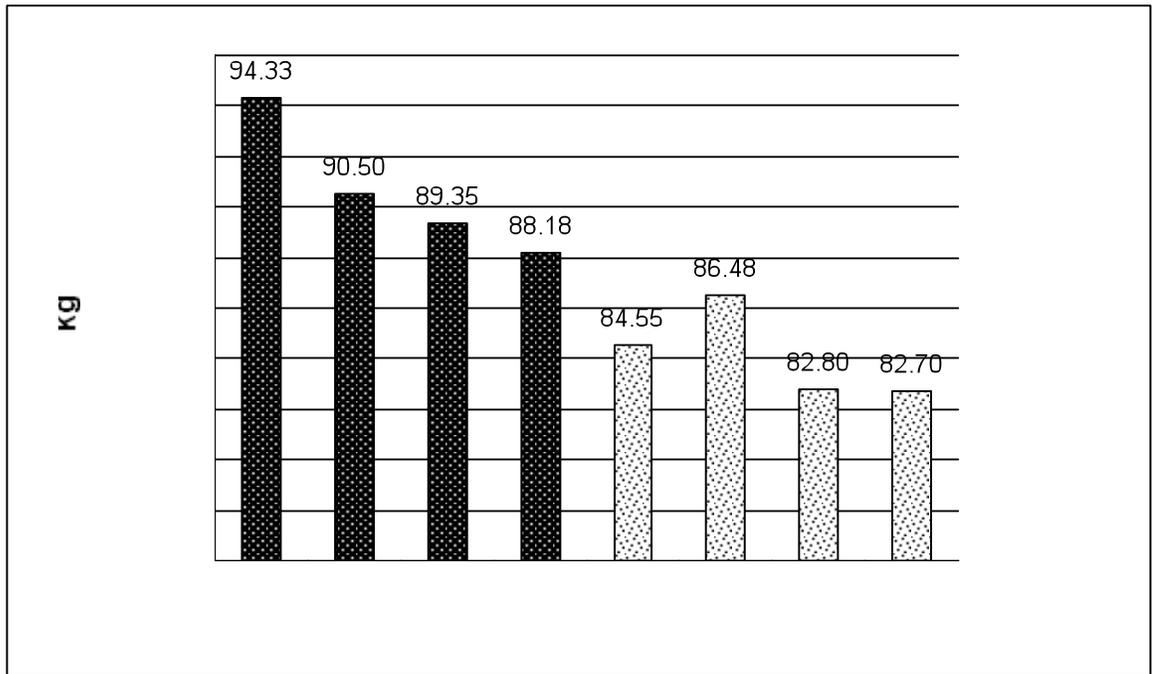
Gráfica 4. Promedio del consumo diario de alimento por efecto del nivel de proteína en el Exp. 1 (OM).



Gráfica 5. Promedio de la conversión alimenticia por semana para cada tratamiento del Exp. 1 (OM).



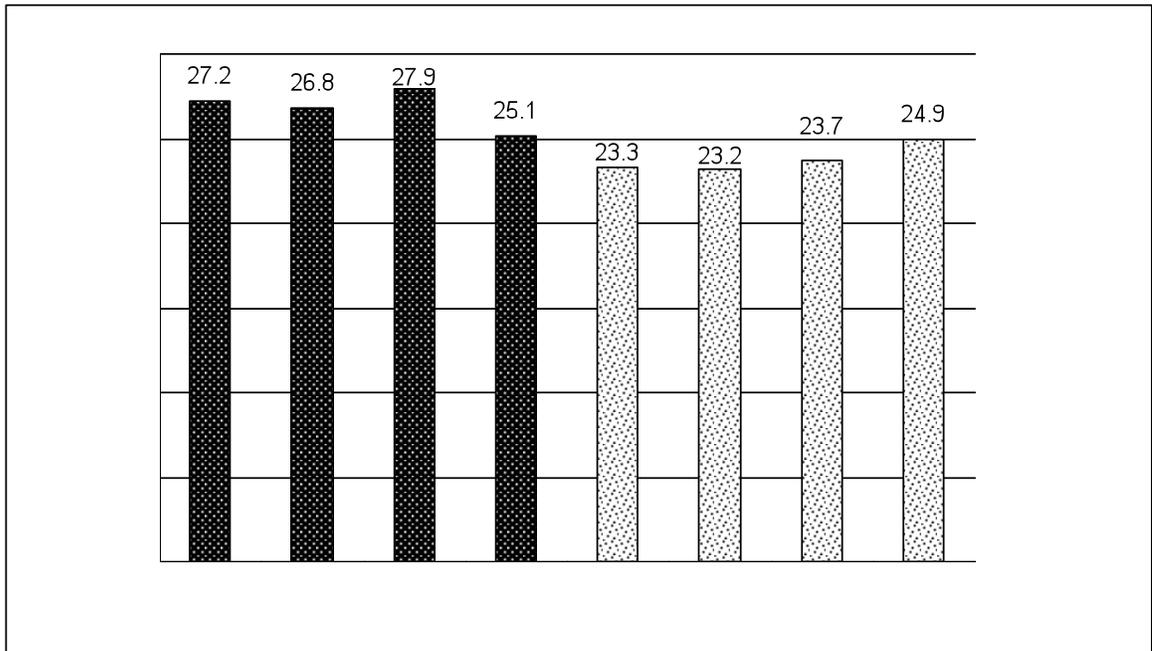
Gráfica 6. Promedio de la conversión alimenticia por efecto del nivel de proteína en el Exp. 1 (OM).



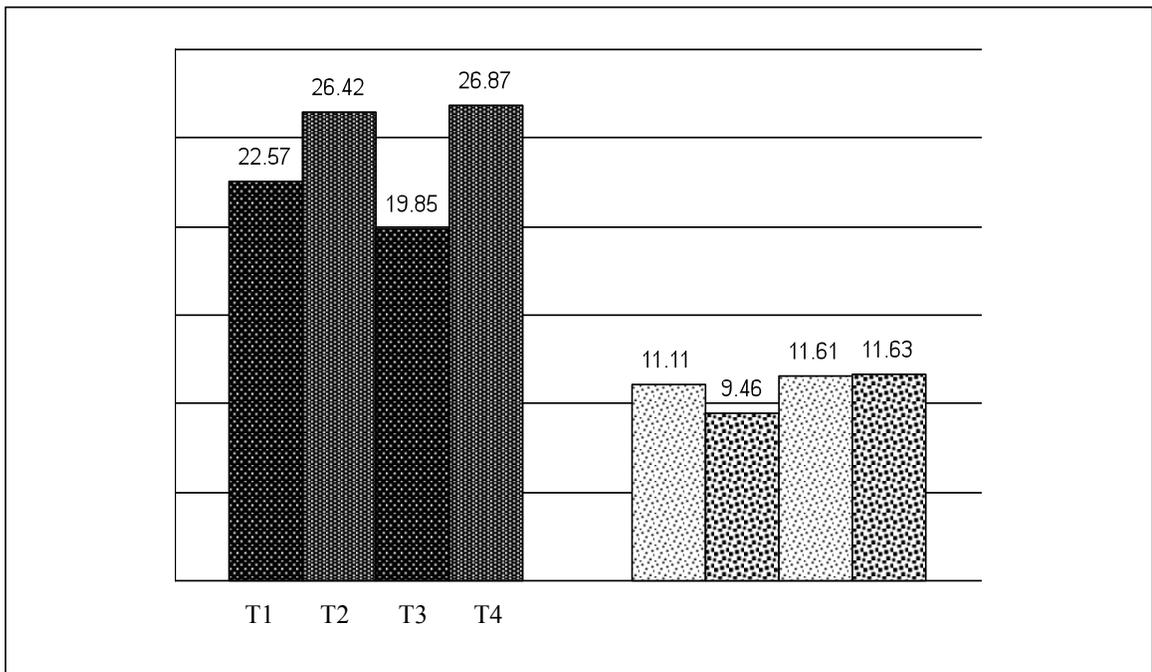
Gráfica 7. Promedio del peso vivo final en cada tratamiento y efecto por nivel de proteína en Exp. 1 (OM).



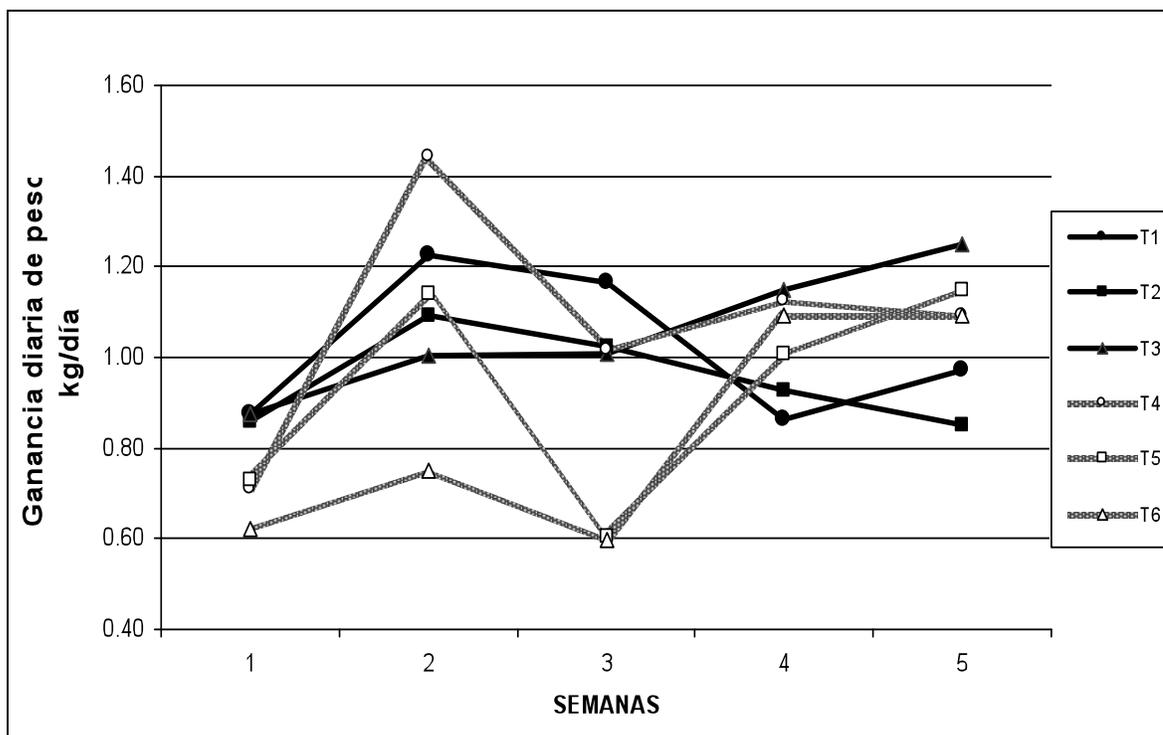
Gráfica 8. Promedio de la ganancia de carne magra en cada tratamiento y efecto por nivel de proteína en Exp. 1 (OM).



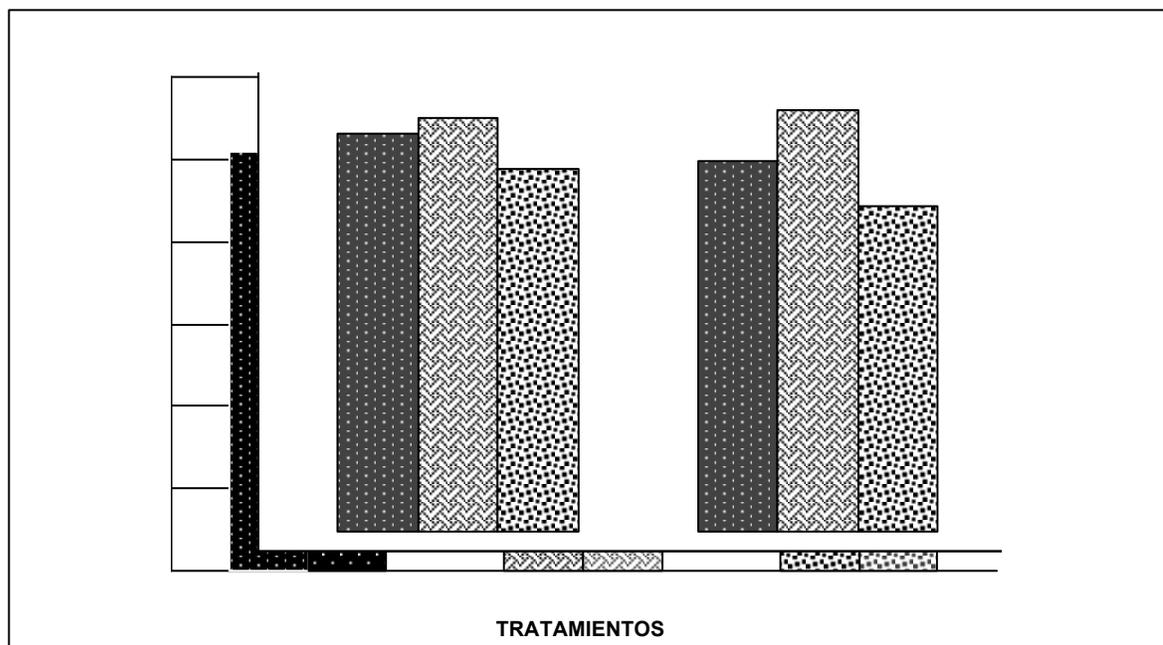
Gráfica 9. Promedio del área de músculo longissimos final en cada tratamiento y efecto por nivel de proteína del Exp. 1 (OM).



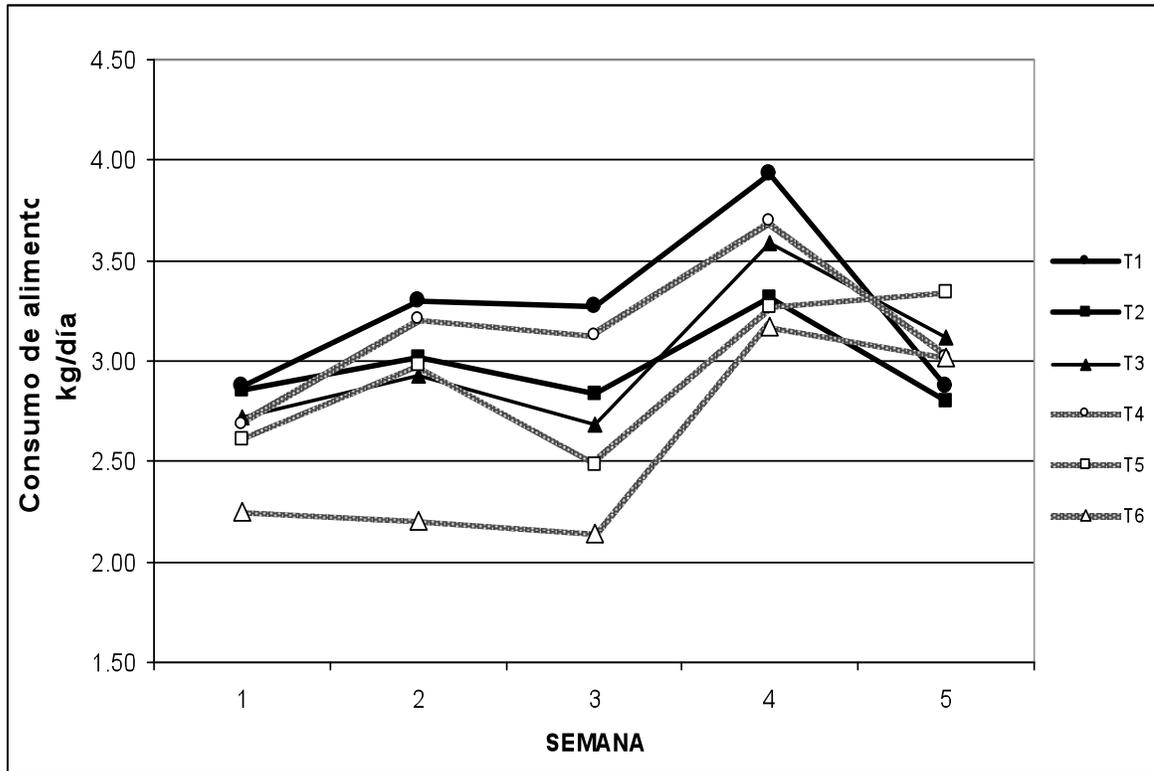
Gráfica 10. Promedio de la concentración de urea en plasma por tratamiento y efecto por nivel de proteína en Exp. 1 (OM).



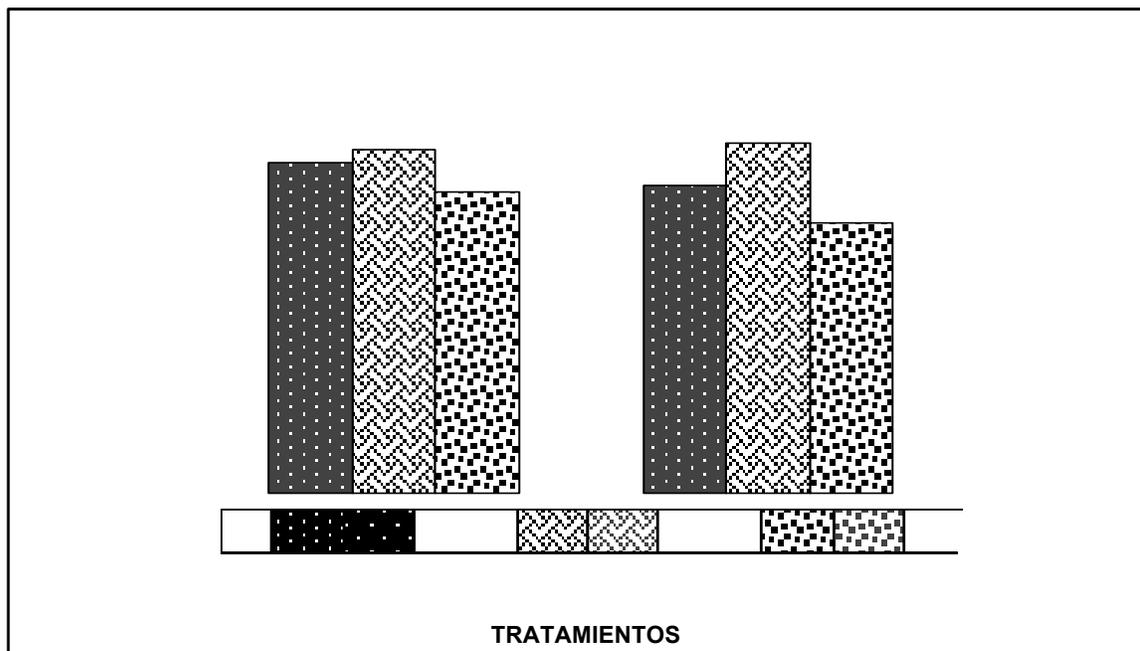
Gráfica 11. Promedio de la ganancia diaria de peso por semana para cada tratamiento del Exp. 2 (NUC).



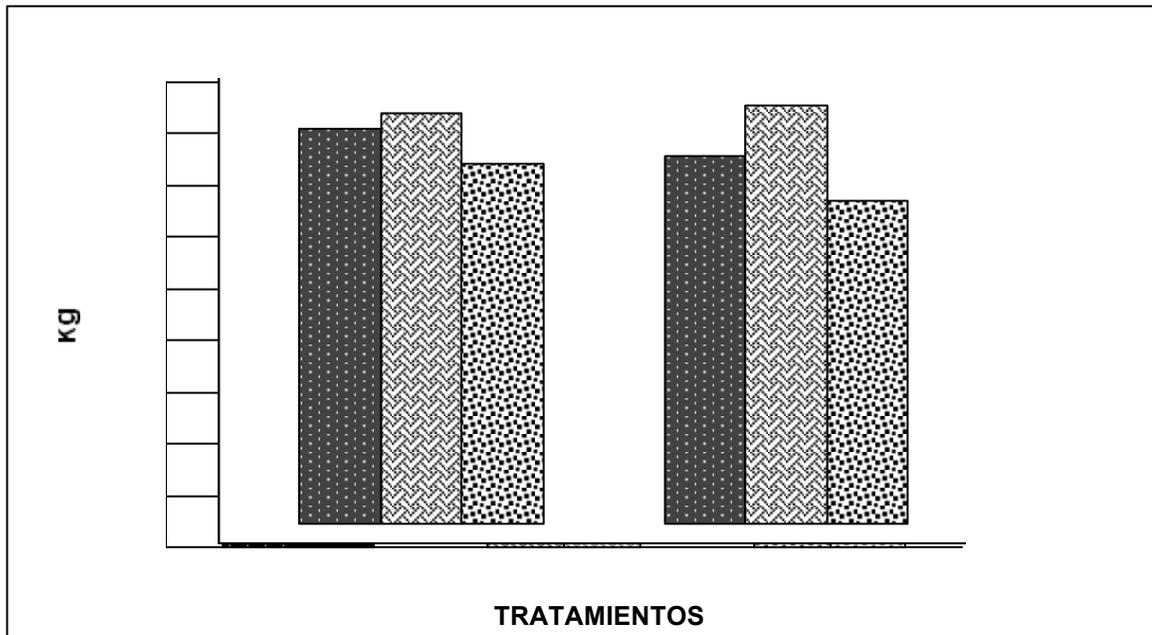
Gráfica 12. Promedio de la ganancia diaria de peso por efecto del nivel de proteína en el Exp. 2 (NUC).



Gráfica 13. Promedio del consumo diario de alimento por semana para cada tratamiento del Exp. 2 (NUC).



Gráfica 14. Promedio del consumo diario de alimento por efecto del nivel de proteína en el Exp. 2 (NUC).



Gráfica 15. Promedio del peso vivo final en cada tratamiento y efecto por nivel de proteína en Exp. 2 (NUC).



Gráfica 16. Promedio de la ganancia de carne magra en cada tratamiento y efecto por nivel de proteína en Exp. 2 (NUC).



Gráfica 17. Promedio de la grasa dorsal final en cada tratamiento y efecto por nivel de proteína del Exp. 2 (NUC).



Gráfica 18. Promedio de la concentración de urea en plasma por tratamiento y efecto por nivel de proteína en Exp. 2 (NUC).

Experimento 1. MIXED.

```
DATA MOSMIXED;
INPUT TRAT ANIM A B SEM PI GDP COA CA;
CARDS;
  1   1  14.00  0.00  1  57.60  0.96  3.08  3.22
  1   2  14.00  0.00  1  54.90  1.04  2.96  2.84
  1   3  14.00  0.00  1  52.50  0.94  2.83  3.00
  1   4  14.00  0.00  1  60.80  0.39  2.96  7.67
  2   1  14.00  0.25  1  57.80  0.84  2.99  3.55
  2   2  14.00  0.25  1  60.70  0.97  3.12  3.21
  2   3  14.00  0.25  1  52.80  0.70  3.11  4.44
  2   4  14.00  0.25  1  54.50  0.39  2.27  5.89
  3   1  14.00  0.50  1  60.90  0.87  3.21  3.68
  .   .   .   .   .   .   .   .   .
  .   .   .   .   .   .   .   .   .
  .   .   .   .   .   .   .   .   .
  7   3   9.50  0.50  5  48.50  0.51  1.82  3.54
  7   4   9.50  0.50  5  66.40  1.14  3.69  3.23
  8   1   9.50  0.75  5  52.20  0.34  2.40  7.00
  8   2   9.50  0.75  5  56.60  1.16  3.24  2.80
  8   3   9.50  0.75  5  67.10  1.40  3.07  2.19
  8   4   9.50  0.75  5  53.70  0.56  1.71  3.06
PROC MIXED DATA=MOSMIXED;
CLASS A B ANIM SEM;
MODEL GDP= A B A*B SEM A*SEM B*SEM A*B*SEM PI/DDFM=SATTERTH;
REPEATED SEM/TYPE=AR(1) SUB=ANIM*A*B R RCORR;
RANDOM ANIM*A*B;
LSMEANS A B A*B SEM A*SEM B*SEM A*B*SEM /PDIFF ADJ=TUKEY;
RUN;
PROC MIXED DATA=MOSMIXED;
CLASS A B ANIM SEM;
MODEL COA= A B A*B SEM A*SEM B*SEM A*B*SEM PI/DDFM=SATTERTH;
REPEATED SEM/TYPE=AR(1) SUB=ANIM*A*B R RCORR;
RANDOM ANIM*A*B;
LSMEANS A B A*B SEM A*SEM B*SEM A*B*SEM /PDIFF ADJ=TUKEY;
RUN;
PROC MIXED DATA=MOSMIXED;
CLASS A B ANIM SEM;
MODEL CA= A B A*B SEM A*SEM B*SEM A*B*SEM PI/DDFM=SATTERTH;
REPEATED SEM/TYPE=AR(1) SUB=ANIM*A*B R RCORR;
RANDOM ANIM*A*B;
LSMEANS A B A*B SEM A*SEM B*SEM A*B*SEM /PDIFF ADJ=TUKEY;
RUN;
```

Experimento 2. GLM.

```
DATA NUC;
INPUT TRAT REP A B GDP COA CA PI GCM CMI CMF PF GDF AMLF GDI AMLI UREA;
CARDS;
1 1 14 0.0 0.96 2.84 3.08 62.10 323.51 40.76 38.32 95.60 12.00 32.89 7.00 23.59 25.119
1 2 14 0.0 1.09 3.38 3.13 64.20 416.24 38.46 38.38 102.30 11.00 34.12 5.00 17.87 22.297
1 3 14 0.0 1.09 3.40 3.10 57.50 391.76 40.50 38.62 95.80 13.00 34.75 5.00 19.64 29.490
1 4 14 0.0 0.95 2.97 2.92 53.30 386.53 40.07 40.38 86.40 10.00 34.11 4.00 16.51 25.484
1 5 14 0.0 1.01 3.66 3.75 58.80 313.18 40.35 36.79 94.30 10.00 26.11 6.00 20.72 23.632
2 1 14 0.75 0.85 2.75 3.29 55.70 290.61 40.05 37.99 85.50 11.00 28.16 6.00 19.08 24.773
2 2 14 0.75 0.90 2.77 3.26 58.10 277.20 39.84 36.70 89.50 10.00 24.72 5.00 18.63 16.482
2 3 14 0.75 1.11 3.27 3.05 69.60 407.91 39.22 38.39 108.30 12.00 36.79 7.00 22.92 23.352
2 4 14 0.75 0.94 3.27 3.49 57.80 304.13 40.59 37.64 90.60 11.00 28.59 5.00 19.91 28.987
2 5 14 0.75 0.97 2.77 3.02 55.60 286.34 40.37 36.32 89.40 11.00 24.49 7.00 20.51 26.314
3 1 12 0.0 1.02 3.13 3.10 58.20 295.30 40.24 35.98 93.80 11.00 24.48 4.00 18.51 19.836
3 2 12 0.0 1.15 3.19 2.81 66.70 417.73 40.30 38.86 106.80 14.00 39.74 8.00 25.19 19.863
. . . . .
. . . . .
. . . . .
5 4 10 0.0 1.14 3.54 3.79 63.70 394.30 39.58 38.78 100.60 13.00 36.70 7.00 21.78 16.128
5 5 10 0.0 1.01 2.75 2.79 60.30 292.49 39.84 35.88 95.50 10.00 23.63 7.00 21.16 12.054
6 1 10 0.75 0.67 2.32 4.72 66.80 193.07 40.70 38.09 89.10 13.00 31.25 7.00 25.17 12.031
6 2 10 0.75 0.89 2.44 2.81 54.00 301.35 40.60 38.20 85.00 9.00 26.83 5.00 18.56 9.918
6 3 10 0.75 0.96 2.81 2.94 57.50 323.06 39.23 37.21 91.00 9.00 25.67 5.00 17.31 15.189
6 4 10 0.75 0.85 2.74 3.54 61.80 259.46 41.82 38.21 91.40 9.00 28.68 6.00 24.67 14.841
6 5 10 0.75 0.80 2.47 3.35 53.70 305.77 40.43 39.62 81.80 8.00 28.73 4.00 17.26 9.601
PROC GLM;
CLASSES TRAT A B;
MODEL GDP COA CA GCM CMI CMF PI PF GDI GDF AMLI AMLF UREA= A B A*B/SS3;
MEANS A B A*B/TUKEY LINES;
PROC GLM;
CLASSES TRAT;
MODEL GDP COA CA GCM CMI CMF PI PF GDI GDF AMLI AMLF UREA= TRAT/SS3;
MEANS TRAT/TUKEY LINES;
PROC GLM;
CLASSES TRAT A B;
MODEL GDP COA CA GCM CMI CMF PF GDI GDF AMLI AMLF UREA= A B A*B PI/SS3;
MEANS A B A*B/TUKEY LINES;
PROC GLM;
CLASSES TRAT;
MODEL GDP COA CA GCM CMI CMF PF GDI GDF AMLI AMLF UREA= TRAT PI/SS3;
MEANS TRAT/TUKEY LINES;
PROC GLM;
CLASSES TRAT A B;
MODEL GDF = A B A*B GDI/SS3;
MEANS A B A*B/TUKEY LINES;
PROC GLM;
CLASSES TRAT;
MODEL GDF= TRAT GDI/SS3;
MEANS TRAT/TUKEY LINES;
RUN;
```

Experimento 2. MIXED.

```
DATA MIXEDNP;
INPUT TRAT ANIM A B SEM PI GDP COA CA;
CARDS;
  1  1  14.00  0.00  1  62.10  0.73  2.57  3.53
  1  2  14.00  0.00  1  64.20  0.87  3.30  3.79
  1  3  14.00  0.00  1  57.50  1.09  2.67  2.46
  1  4  14.00  0.00  1  53.30  0.54  2.86  5.26
  1  5  14.00  0.00  1  58.80  1.14  2.97  2.60
  2  1  14.00  0.75  1  55.70  0.84  2.76  3.27
  2  2  14.00  0.75  1  58.10  0.73  2.25  3.09
  2  3  14.00  0.75  1  69.60  1.13  3.24  2.87
  2  4  14.00  0.75  1  57.80  0.97  3.28  3.38
  2  5  14.00  0.75  1  55.60  0.63  2.76  4.39
  3  1  12.00  0.00  1  58.20  0.79  2.98  3.79
  3  2  12.00  0.00  1  66.70  0.90  2.80  3.11
  .  .  .  .  .  .  .  .  .
  .  .  .  .  .  .  .  .  .
  .  .  .  .  .  .  .  .  .
  5  3  10.00  0.00  5  54.40  1.10  2.48  2.25
  5  4  10.00  0.00  5  63.70  1.76  4.11  2.34
  5  5  10.00  0.00  5  60.30  0.79  2.50  3.18
  6  1  10.00  0.75  5  66.80  1.16  3.17  2.74
  6  2  10.00  0.75  5  54.00  1.20  2.83  2.36
  6  3  10.00  0.75  5  57.50  1.04  3.72  3.57
  6  4  10.00  0.75  5  61.80  1.13  2.86  2.53
  6  5  10.00  0.75  5  53.70  0.94  2.50  2.65
PROC MIXED DATA=MIXEDNP;
CLASS A B ANIM SEM;
MODEL GDP=A B A*B SEM A*SEM B*SEM A*B*SEM/DDFM=SATTERTH;
REPEATED SEM/TYPE=AR(1) SUB=ANIM*A*B R RCORR;
RANDOM ANIM*A*B;
LSMEANS A B A*B SEM A*SEM B*SEM A*B*SEM /PDIFF ADJ=TUKEY;
RUN;
PROC MIXED DATA=MIXEDNP;
CLASS A B ANIM SEM;
MODEL COA=A B A*B SEM A*SEM B*SEM A*B*SEM/DDFM=SATTERTH;
REPEATED SEM/TYPE=AR(1) SUB=ANIM*A*B R RCORR;
RANDOM ANIM*A*B;
LSMEANS A B A*B SEM A*SEM B*SEM A*B*SEM /PDIFF ADJ=TUKEY;
RUN;
PROC MIXED DATA=MIXEDNP;
CLASS A B ANIM SEM;
MODEL CA=A B A*B SEM A*SEM B*SEM A*B*SEM/DDFM=SATTERTH;
REPEATED SEM/TYPE=AR(1) SUB=ANIM*A*B R RCORR;
RANDOM ANIM*A*B;
LSMEANS A B A*B SEM A*SEM B*SEM A*B*SEM /PDIFF ADJ=TUKEY;
RUN;
```