



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA PRODUCCION Y
DE LA SALUD ANIMAL**

**EFFECTO DEL NIVEL DE ENERGÍA METABOLIZABLE EN LA DIETA
SOBRE EL CONSUMO DE ALIMENTO Y RESPUESTA
PRODUCTIVA EN CERDOS**

T E S I S

**PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS
P R E S E N T A**

Álvaro Rojo Gómez

T U T O R:

José Antonio Cuarón Ibargüengoytia

COMITÉ TUTORAL:

Maria de la Salud Rubio

Felipe de Jesús Ruiz López

Fernando Pérez Gil Romo



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIA

A mi esposa Erika y mis hijos, Álvaro y Erick

Agradecimientos

Al Dr. José Antonio Cuarón Ibargüengoytia

A todas las personas que colaboraron con este trabajo.

A mis padres.

A mis hermanos.

CONTENIDO

INTRODUCCION.....	1
REVISION DE LITERATURA	2
OBJETIVO	8
HIPÓTESIS.....	8
MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
Animales y alojamiento.....	9
Diseño experimental:	10
Dietas experimentales.....	10
Análisis estadístico.....	11
RESULTADOS	12
Experimento 1, animales de 30-50 kg de peso.....	12
Experimento 2, animales de 50-70 kg de peso.....	13
Experimento 3, animales de 80-100 kg de peso.....	13
DISCUSIÓN.....	14
CONCLUSIONES.....	19
BIBLIOGRAFIA.....	20

APENDICE

Pasta de canola como suplemento en dietas para la finalización de cerdos	41
RESUMEN.....	42
INTRODUCCIÓN.....	43
MATERIAL Y MÉTODOS	46
Experimento 1	48
Experimento 2.....	49
RESULTADOS	52
DISCUSIÓN.....	54
CONCLUSIONES	58
ABSTRACT.....	59

BIBLIOGRAFIA.....	60
-------------------	----

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Composición de las dietas experimentales. Experimento 1, cerdos de 30 kg de peso	30
Cuadro 2. Dieta del periodo de seguimiento. Experimento 1, animales de 30 kg..	31
Cuadro 3. Composición de las dietas experimentales. Experimento 2, cerdos de 50 kg de peso	32
Cuadro 4. Composición de las dietas experimentales. Experimento 3, cerdos de 80 kg de peso.	33
Cuadro 5. Comportamiento productivo de cerdos alimentados con diferentes niveles de energía metabolizable en la dieta. Experimento 1: cerdos de 30 kg de peso, periodo experimental ^v	34
Cuadro 6. Comportamiento productivo de cerdos alimentados con diferentes niveles de energía metabolizable en la dieta. Experimento 1: cerdos de 30 kg, periodo de seguimiento ^v	35
Cuadro 7. Comportamiento productivo de cerdos alimentados con diferentes niveles de energía metabolizable en la dieta. Experimento 2: cerdos de 50 kg de peso a	36
Cuadro 8. Comportamiento productivo de cerdos alimentados con diferentes niveles de energía metabolizable en la dieta. Experimento 3, cerdos de 80 kg de peso v	37
Cuadro 9; Composición de las dietas experimentales (Exp. 1).....	64
Cuadro 10; Composición de las dietas experimentales (Exp. 2).....	65
Cuadro 11. Medidas de tendencia central y puntos de dispersión de 171 aminogramas de pasta de canola ^{a,b}	66
Cuadro 12. Ecuaciones de predicción, aminoácidos totales en pasta de canola, en función del contenido de proteína cruda (n = 171)	67
Cuadro 13. Comportamiento productivo de cerdos en finalización: sustitución de pasta de soya por pasta de canola (Exp. 1) ^a	68

Cuadro 14. Comportamiento productivo de cerdos en finalización: respuesta a la forma de sustitución de la pasta de soya por pasta de canola (exp. 2) ^a	69
Cuadro 15; Características de la canal de los cerdos por efecto de la pasta de canola en la dieta (Exp. 2) ^a	70

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Experimento 3, Interacción sexo tratamiento, diferencia en la deposición de grasa dorsal (final-inicial) a la altura de la décima costilla, $P < 0.008$	38
Figura 2. Experimento 1 cerdos de 30 kg de peso; efecto del nivel de energía en la dieta sobre el consumo de energía (lineal $P < 0.02$).....	38
Figura 3. Experimento 3 cerdos de 80 kg de peso; efecto del nivel de energía en la dieta sobre el consumo de energía (lineal $P , 0.003$).....	39
Figura 3. Experimento 3 cerdos de 80 kg de peso; efecto del nivel de energía en la dieta sobre la respuesta productiva (lineal $P , 0.003$).....	39

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue el de evaluar la respuesta sobre el consumo de alimento a 5 diferentes niveles de energía metabolizable (EM) en la dieta. En 3 experimentos independientes y durante 28 días se usaron 170 cerdos alojados individualmente y distribuidos al azar a 1 de 5 tratamientos: experimento 1: 50 cerdos (31.5±3.6 kg) y 3.00, 3.10, 3.20, 3.30 y 3.40 Mcal de EM/kg de alimento. Experimento 2: 40 cerdos (53±3.8 kg), y 3.00, 3.08, 3.16, 3.24 y 3.32 Mcal de EM/kg. Experimento 3: 80 cerdos (82±3 kg) y 2.90, 3.00, 3.10, 3.20 y 3.30 Mcal de EM/kg. Los resultados del experimento 1 no mostraron diferencias en el consumo de alimento (2.26 kg/día, $P>0.05$), por lo que el consumo de EM se incrementó (6.78, 6.99, 6.97 7.82, 7.69 Mcal/día, lineal $P<0.008$); esto mejoró la GDP (0.67, 0.67, 0.70, 0.71 y 0.81 kg/día, lineal $P<0.02$), la EA (0.3, 0.3, 0.33, 0.30 y 0.36 kg/kg, lineal, $P<0.001$) y la ganancia diaria de tejido magro (GDTM=0.25, 0.27, 0.27, 0.27 y 0.33 kg/día, lineal $P<0.04$). En el experimento 2, el consumo de EM fue lineal (8.53, 8.72, 9.32, 8.95 y 9.29 Mcal/día, lineal $P<0.08$), sin embargo no se detectaron diferencias en las demás variables. En el experimento 3, el CDA se redujo (3.35, 3.4, 3.16, 3.24 y 3.25 kg/día, lineal $P<0.06$), pero no lo suficiente para niveles isoenergéticos (9.71, 10.22, 9.78, 10.38 y 10.71 Mcal/día, cuadrática $P<0.02$), en respuesta la GDP se mejoró (0.73, 0.8, 0.74, 0.83 y 0.83 kg/día, cuadrática $P<0.008$), la GTM mejoró cuando se superaron las 3.2 Mcal/kg (0.24, 0.22, 0.21, 0.22 y 0.26 kg/día, cúbica $P<0.08$). Conclusión, en cerdos en crecimiento la GDP y GTM responden al consumo de energía, en cerdos en finalización al aumentar el consumo de energía, la GTM puede estar beneficiada.

PALABRAS CLAVE: cerdos, consumo voluntario de alimento, consumo de energía

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect on feed intake to five different levels of ME in the diet. A total of 170 individually housed pigs, were randomized to 3 independent experiments with 5 treatments: Experiment 1, 50 pigs (31.5±3.6 kg) and 3.00, 3.10, 3.20, 3.30 and 3.40 Mcal of ME/kg of feed. Experiment 2: 40 pigs (53±3.8 kg), and 3.00, 3.08, 3.16, 3.24 and 3.32 Mcal of ME/kg. Experiment 3: 80 pigs (82±3 kg) y 2.90, 3.00, 3.10, 3.20 and 3.30 Mcal of ME/kg. The results in experiment 1, show a similar feed intake (2.26 kg/day, $P>0.05$), and the energy intake was increased (from 6.78 to 7.69 Mcal/day, linear $P<0.008$), which improved the average daily gain (from 0.67 to 0.81 kg/day, linear $P<0.02$), the feed efficiency (from 0.3 to 0.36 kg/kg, linear, $P<0.001$) and daily fat free lean gain (from 0.25 to 0.33 kg/day, linear $P<0.04$). In the experiment 2, the energy intake was linear (from 8.53 to 9.29 Mcal/day, linear $P<0.08$), but differences were not detected in the other variables. Experiment 3, the feed intake was reduced (from 3.35 to 3.25 kg/day linear $P<0.06$), but the energy intake was different (9.71, 10.22, 9.78, 10.38 and 10.71 Mcal/day, quadratic $P<0.02$). The average daily gain was improved when the energy intake was increased (from 0.73 to 0.83 kg/day $P<0.05$), The daily fat free lean gain was improved when the energy was more than 3.2 Mcal/kg (0.24, 0.22, 0.21, 0.22 y 0.26 kg/day, $P<0.05$). In conclusion, for growing pigs the average daily gain and the daily fat free lean gain is a direct response from energy intake; for finishing pigs an increase in the energy intake can improve the daily fat free lean gain

KEY WORDS: pigs, feed intake, energy intake

INTRODUCCION

En el entorno de la producción porcina nacional, los genotipos modernos tienen el potencial para alcanzar la tasa máxima de deposición muscular y generar al mismo tiempo canales más magros. Estos cerdos son capaces de alcanzar la edad de mercado (100 o 120 kg de peso) en aproximadamente 150 días con conversiones alimenticias de 2.5 o menos. Sin embargo, y aun cuando las condiciones de manejo y enfermedades estén controladas, los cerdos promedio de las explotaciones comerciales del centro del país alcanzan el peso al mercado a una mayor edad y con conversiones alimenticias que rebasan los 2.8 kg de alimento por kilogramo de cerdo producido.

La ganancia de peso del cerdo es el resultado de los componentes químicos depositados y de su localización (hueso, proteína muscular, grasa, etc), lo que está determinado por la cantidad de nutrientes disponibles y del potencial genético para expresarlos. En un animal individual, el límite máximo de deposición de proteína muscular y de grasa es directamente proporcional al sexo del animal y a la población genética de donde ha sido extraído, los factores ambientales y la cantidad de alimento ingerido (nutrientes) determinan que los límites genéticos para estas características sean activados (Kerr, 1993). En general, el consumo voluntario de alimento está determinado por muchos factores como: potencial de crecimiento (genotipo, sexo y estado de crecimiento) (NRC, 1986; Quiniou *et al*, 2000), medio ambiente (temperatura, humedad relativa, espacio de alojamiento, estrés) (NRC, 1986; Quiniou *et al*, 2000) estado sanitario y sistema de alimentación entre otros (Hyun *et al*, 1998). Cuando se altera la energía metabolizable en la dieta, el cerdo es capaz de ajustar sus niveles de consumo para resultar en consumos isoenergéticos (NRC, 1986; NRC 1998), pero esta capacidad de compensación se observa solo dentro de ciertos rangos de concentración de energía, lo que es crítico en estados tempranos de crecimiento. En la etapa de crecimiento (al menos hasta los 50 kg de peso corporal), la relación entre consumo de energía y deposición de músculo es estrechamente lineal y la tasa de deposición muscular es mayor la capacidad de consumo, en

otras palabras, la capacidad de consumo es menor a la capacidad de crecimiento muscular lo cual limita la ganancia de peso (NRC, 1986; NRC 1998). Al alcanzar su peso adulto, la capacidad de consumo se incrementa y los límites para la deposición de músculo se pueden alcanzar (Henry, 1995; NRC, 1986; Chiba *et al*, 1991ab; NRC 1998; Quiniou *et al*, 1999), es en este momento cuando los cerdos pueden ajustar más fácilmente sus niveles de ingestión de alimento para resultar en consumos isoenergéticos (NRC, 1986; Hyun *et al*, 1998).

El objetivo del presente trabajo fue determinar en que rangos de energía metabolizable en la dieta, los cerdos de diferentes edades, pueden compensar con el consumo una dilución de energía en la dieta.

REVISION DE LITERATURA

La tasa de deposición de la proteína y grasa para llevar a cabo el crecimiento en el cerdo es una función de muchas y extensas variables influenciadas principalmente por el medio ambiente, pero parten de un consumo adecuado de aminoácidos y de energía (Wittermore *et al.*, 1988), el cual está gobernado por factores fisiológicos (genéticos, sexo, edad), medio ambientales (temperatura, humedad, espacio de alojamiento etc.) y de la dieta (deficiencias o excesos de nutrientes, densidad energética, procesado del alimento etc.) (NRC, 1998). En general, en un animal individual, el límite máximo de deposición de proteína muscular y de grasa es directamente proporcional al sexo del animal y la población genética de donde ha sido extraído. Los factores ambientales determinan que los límites genéticos para estas características sean activados (Kerr, 1993).

Los cerdos requieren de proteína o más específicamente de aminoácidos para su propio mantenimiento y para depositarla en forma de tejidos en el organismo, el nivel de estos nutrientes en la dieta de cerdos está en estrecha relación con la concentración de energía (NRC, 1998; Chiba *et al.*, 1991ab; Campbell y Taverner, 1988; Chiba *et al.*, 1991ab). La eficiencia de utilización de energía para la deposición y síntesis de proteína muscular depende del aporte energético de la

dieta, tanto como el perfil de aminoácidos y el contenido de proteína de la misma (Cai *et al.*, 1995). Cuando el consumo de energía metabolizable (EM) es bajo, los aminoácidos son desaminados y oxidados para cubrir las demandas energéticas del animal. Si aumenta el consumo de EM disminuye la oxidación de los aminoácidos y una mayor cantidad de estos es usada para la síntesis de proteína muscular (Cai *et al.*, 1995). Por otro lado, un exceso de aminoácidos en la dieta resulta en un desperdicio de estos, por que el animal no tiene el potencial para transformar los aminoácidos extra en proteína corporal; por el contrario una baja suplementación de aminoácidos reduce la tasa de crecimiento y la deposición de tejidos en el organismo, por lo que no solo es apropiado cubrir correctamente los requerimientos de aminoácidos para optimizar el crecimiento del animal, sino que se deben de garantizar niveles adecuados de consumo de energía (Keer, 1993).

La deposición de N en cerdos, generalmente se ve limitada por el consumo voluntario de alimento. Debido a que la relación entre el consumo voluntario de energía y la deposición de proteína y grasa dependen de la etapa de crecimiento, el efecto de un menor consumo voluntario de alimento (y por consecuencia de energía) en el requerimiento diario de aminoácidos para maximizar la deposición de proteína, puede variar de acuerdo al peso corporal del animal. Los cerdos de menos de 50 kg de peso vivo tienen una capacidad de consumo limitada, en ellos, la relación entre la deposición de proteína y el consumo de energía es estrechamente lineal, por lo que cualquier factor que disminuya el consumo de alimento o la utilización de la energía en la dieta, restringirá el crecimiento de tejido magro, independientemente de que se aumente el nivel de aminoácidos (a partir del aumento de lisina) en la dieta. En cerdos de más de 50 kg sometidos a una restricción alimenticia, la máxima tasa de deposición de tejido magro puede alcanzarse más fácilmente ya que en estos el consumo de alimento es mayor y los cerdos pueden ajustar fácilmente sus niveles para resultar en consumos adecuados de energía (Coma *et al.*, 1995).

Por lo anterior, es evidente que los excesos de proteína se deben eliminar (Kerr, 1993; Kerr y Easter, 1995). Para esto, se ha estudiado el efecto de dietas con

niveles de proteína relativamente bajos (Kerr y Easter, 1995), donde se ha observado que, cuando estas cubren los requerimientos de aminoácidos esenciales, sin incurrir en una deficiencia de N necesario para la síntesis de los aminoácidos no esenciales, se mejora la eficiencia de utilización de la energía y de la proteína. Sin embargo, es posible que al disminuir el gasto de energía necesaria para eliminar el N excedente, esta no se use y se almacene en forma de tejido adiposo. En general, se ha observado que cerdos en crecimiento, alimentados con dietas con bajos niveles de proteína tienen las mismas ganancias de peso que aquellos alimentados con niveles mayores, aunque la canal de los primeros tiende a ser más grasosa (Kerr, 1993). El problema de tener animales más grasosos es que el tejido magro es el componente físico más valioso en la canal y la grasa tiene un alto costo energético pero un valor bajo de deposición (Noblet *et al.*, 1987; Kerr, 1993; Noblet 1995; NRC, 1998), pues con la deposición de 1 g de proteína hay un incremento en el peso de 2 a 4 g, mientras 1 g de grasa implica una ganancia de 0.5 a 0.7 g (Just, 1984). Esto puede explicarse fácilmente ya que la deposición de una molécula de proteína implica que se depositen tres moléculas de agua (Caperma *et al.*, 1991). Puesto que la deposición de agua es energéticamente eficiente, la maximización en la deposición de proteína determina también los resultados en la alta eficiencia alimenticia por lo que resulta más eficiente depositar proteína que depositar grasa en términos de la ganancia de peso (Kerr, 1983; Biker *et al.*, 1994).

La disminución de la energía en la dieta necesaria para el mantenimiento, la deposición de lípidos y proteínas, está determinada por la relación entre el consumo de energía y la deposición de proteína lo que es resultado de la capacidad genética del animal, la edad y del sexo (Wihittemore *et al.*, 1988; Biker *et al.*, 1994; Coma *et al.*, 1995; Chiba *et al.*, 1991ab; Kerr, 1993). Los cerdos de menos de 50 kg tienen una capacidad limitada (por el consumo) de deposición de tejidos, pero en cerdos de más de 50 kg debido al elevado consumo voluntario, la proporción de energía consumida que se destina para la deposición de lípidos es mayor que en cerdos en crecimiento, de manera que cuando el consumo es

menor, la cantidad de energía sigue siendo adecuada para mantener la deposición de proteína a expensas de la deposición y de reservas de lípidos (Coma *et al.*, 1995)

El impacto del sexo sobre el régimen alimenticio y el crecimiento está altamente influenciado por el peso corporal. La velocidad de deposición de tejido magro entre los machos enteros, hembras y castrados parece ser muy similar hasta por arriba de los 30 kg de peso corporal; sin embargo los castrados acumulan más tejido magro que las hembras y éstas más que los enteros en un peso corporal de entre los 40 y 100 kg (Wittermore *et al.*, 1988; Kanis and Koops, 1990; Batterham *et al.*, 1985). Esto nos muestra que la diferencia en la velocidad de deposición de proteína existe como una función del sexo, y éste determina las diferencias en las necesidades de aminoácidos similares en pesos corporales de menos de 50 kg. Por arriba de los 50 kg de peso corporal, la eficiencia de la utilización de los aminoácidos es relativamente similar en machos enteros, hembras y castrados. Por lo tanto las diferencias en los requerimientos de aminoácidos resultan de la diferencia de las tasas de deposición de proteínas y no de las diferencias en la eficiencia de la utilización de los aminoácidos.

Como el cerdo maduro responde más a un consumo de energía y aminoácidos se hacen más discernibles las diferencias entre los sexos. En varios estudios (Coma *et al.*, 1995; Cambell *et al.*, 1985ab) se destaca la importancia del consumo de energía, aminoácidos y la deposición de proteínas. En ambos casos (machos enteros y hembras), la deposición de proteína incrementa cuadráticamente conforme se incrementa el consumo de energía y de lisina. Aunque los machos enteros depositaron proteínas a una velocidad más rápida y alcanzaron un nivel máximo más alto comparado con las hembras, ambos sexos requieren un consumo similar de energía (aproximadamente de 2.9 Mcal ED/día) para obtener la máxima tasa de deposición. Por arriba de este consumo, no se fomentó una mejoría en la deposición muscular, fue notable también el exceso de energía para el probable estímulo de deposición de grasa. Los resultados de éste y otros estudios similares nos muestran el gran potencial de crecimiento hasta los 50 kg

de peso y tiende a ir más allá del límite superior del apetito. Consecuentemente durante los estadios tempranos de desarrollo, los cerdos pueden tener altos niveles de consumo de energía para lograr un rápido crecimiento por fuera de un excesivo desarrollo de la grasa o una reducción en la eficiencia alimenticia. Subsecuentemente a partir de los 50 kg de peso corporal, el potencial de crecimiento tiende a estar dentro de los límites del apetito, y altos consumos de energía pueden resultar en un marcado incremento en la deposición de grasa corporal acompañada por un decremento en la eficiencia alimenticia, sin embargo esto no parece estar sucediendo en animales con alto potencial genético para la deposición de tejido magro, o bien la edad en la que los cerdos reduzcan su eficiencia alimenticia puede extenderse más allá de los 80 kg de peso, esto puede estar ligado a un estímulo más prolongado de deposición de proteína muscular.

El componente crítico en la formulación de alimentos, y la evaluación objetiva de los datos de requerimientos nutricionales en cerdos, es la diferencia del consumo de alimento que ocurre entre y a lo largo de la vida del cerdo. En las fases tempranas de crecimiento el consumo de alimento tiende a ser similar entre sexos, sin embargo, se presenta una divergencia entre sexos con respecto a la ejecución del crecimiento y la deposición de tejidos aproximadamente a los 50 kg de peso, esto modifica la esperanza del consumo de alimento. En general los castrados consumen un 5% más alimento que los machos enteros y los machos enteros consumen un 5% más que las hembras. Por lo tanto, cuando los machos castrados y las hembras se comparan se determina un diferencial del 10% en el consumo de alimento.

Dentro un genotipo el patrón de consumo voluntario también varía entre los sexos, estas diferencias entre los sexos ocurren entre los 30 y 90 kg de peso corporal (Stahly, 1991). El macho castrado exhibe un marcado incremento en el consumo de alimento durante los 30 a 90 kg de peso y cuando alcanza un peso mayor presenta una forma de disminución en el consumo de alimento (por encima de las necesidades de mantenimiento) similar al de las hembras y machos enteros. Así el consumo voluntario de alimento se hace similar alrededor de los 100 a 120 kg.

En apariencia este patrón en el consumo de alimento coincide con el modelo de maduración de los castrados contra las hembras y los machos enteros respectivamente.

El modelo de consumo voluntario también varía entre los distintos genotipos del cerdo. Los genotipos que tienen una alta capacidad de deposición de tejidos, como se observa en un animal en crecimiento, consume más alimento en su fase inicial de crecimiento y logra un pico de consumo de energía cuando alcanza un peso corporal de aproximadamente 60-80 kg y también exhiben una pequeña reducción en el consumo de alimento cuando se acercan a pesos más marcados (Bark *et al.*, 1988). Estos periodos de máximo consumo de energía entre varios genotipos parece estar asociado con los periodos pico de síntesis de tejido magro.

OBJETIVO

Determinar en que rangos de energía metabolizable en la dieta, los cerdos de diferentes edades pueden compensar con el consumo una dilución de energía, cuando no hay otros nutrimentos limitantes y la densidad física del alimento no se altera.

HIPÓTESIS

El nivel de energía en la dieta, con el cual los cerdos de diferentes edades pueden regular efectivamente su consumo para resultar en consumos isoenergéticos, es una función de la edad y el peso corporal. Los cerdos incrementarán su capacidad de compensar la dilución energética cuando las demandas inherentes al crecimiento muscular se reduzcan.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en las instalaciones del Centro Nacional de Investigación en Fisiología Animal (CENIFA) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Con la finalidad de evaluar el efecto de diferentes niveles de energía metabolizable (EM) en la dieta de cerdos en diferentes estados de crecimiento se realizaron 3 experimentos. Cada experimento se realizó de manera independiente y evaluó la respuesta en crecimiento (30-50 kg de peso vivo), desarrollo (50-80 kg de peso vivo) y finalización (80-110 kg de peso vivo), respectivamente.

Animales y alojamiento.

Cada experimento tuvo una duración de 28 días. Se emplearon un total de 170 cerdos (85 hembras, y 85 machos castrados producto de un cruzamiento alterno entre las razas Landrace-Duroc) distribuidos aleatoriamente (los criterios de aleatorización fueron: edad, raza del padre, peso y sexo) a corraletas individuales (1.2 m²) de piso de cemento y ventilación natural, provistas de un comedero tipo tolva y bebedero automático. En todos los casos, los animales se alimentaron a libre acceso ofreciendo alimento 2 veces al día a las 800 y 1700 horas, los rechazos de alimento se registraron diariamente antes de la primera comida. Los cerdos fueron pesados individualmente al inicio, al día 14 y 28 de cada experimento.

La conformación corporal se evaluó utilizando un equipo de ultrasonido en tiempo real (Aloka modelo SSD-500 equipado con un transductor lineal tipo "B" de 3.5 MHz y 96 mm de longitud), se utilizó aceite vegetal como interfase entre la piel del animal y el transductor. Para estimar la composición corporal se usaron las mediciones en P2 (a 6.5 cm de la línea media) a la altura de la décima y última costilla (músculo largo dorsal y grasa dorsal respectivamente). Para el cálculo de tejido magro libre de grasa se emplearon las ecuaciones de Schinckel et al (1996) y Cisneros et al (1997), la primera se utilizó para los animales que estuvieron en

el rango de peso de 30 a 50 kg y la segunda para los animales que rebasaron los 50 kg de peso vivo. Para controlar el efecto de la variación existente entre animales, la deposición de grasa dorsal y el aumento en la profundidad del músculo gran dorsal se calcularon como la diferencia entre las mediciones hechas en P2 con ultrasonido al inicio y al final de cada experimento.

Diseño experimental

Se realizaron 3 experimentos independientes para medir la respuesta del consumo de alimento a 5 niveles de energía metabolizable en la dieta. Los criterios de respuesta de cada experimento fueron: consumo diario de alimento (CDA), consumo diario de energía metabolizable (CDEM), ganancia diaria de peso (GDP) eficiencia alimenticia (EA), y ganancia diaria de tejido magro libre de grasa (GDM). En el experimento 1 se utilizaron un total de 50 cerdos (25 hembras y 25 machos castrados, 5 repeticiones por tratamiento), con un peso inicial de 31.5 ± 3.6 kg, los que se asignaron aleatoriamente a uno de 5 tratamientos (cuadro 1), 3.0, 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4 Mcal/kg de alimento. Después de la fase experimental, los animales se sometieron a un periodo de seguimiento por 28 días, en los cuales recibieron una sola dieta (sorgo y pasta de soya) conteniendo 3.26 Mcal/kg de alimento y 0.72 % de lisina digestible. En el experimento 2, se utilizaron un total de 40 animales (20 hembras y 20 machos castrados, 4 repeticiones por tratamiento), con un peso inicial de 53 ± 3.8 kg, y 5 tratamientos con diferentes niveles de EM: 3.00, 3.08, 3.16, 3.24 y 3.32 Mcal de EM por kilogramo de alimento (cuadro 3). En el experimento 3, se usaron un total de 80 cerdos (40 hembras y 40 machos castrados, 8 repeticiones por tratamiento), con un peso de inicio de 82.75 ± 5.5 kg y 5 dietas experimentales: 2.90, 3.00, 3.10, 3.20 y 3.30 Mcal de EM/kg de alimento (cuadro 4).

Dietas experimentales.

Antes del inicio de cada experimento, los animales recibieron una dieta previa para cada periodo: en el experimento 1 se suministró una dieta sorgo-pasta de

soya con 3.3 Mcal/kg de EM y 1 % de lisina digestible; en el experimento 2, 3.27 Mcal y 0.93 % de lisina digestible; en el experimento 3, 3.23 Mcal/ de EM y 0.72 % de lisina digestible. En todas las dietas se procuró mantener un perfil de aminoácidos acorde con el perfil de proteína ideal (Baker, 1997).

Para la formulación de las dietas experimentales (cuadros del 1 al 3), y con el fin de evitar el efecto confundido de la fibra detergente neutro (Lenis *et al*, 1996; Li *et al*, 1994 y Schulze *et al*, 1994) y/o la adición de grasa (por sus efectos en digestibilidad asociativa) (Li y Saber, 1994; Imbean y Saber 1994) se trató de mantener la identidad de las dietas procurando conservar niveles de grasa y de FDN similares. Para lograr esto, se recurrió al uso de grasa animal (sebo), melaza de caña, pasta de canola y cebada (grano con cascarilla) lo que permitió la dilución de la energía de tal forma que no se alterara la densidad física del alimento y no se interfiriera la capacidad de consumo. Con la finalidad de asegurar un consumo adecuado de aminoácidos, las dietas se formularon para aportar 5% por arriba de las recomendaciones del NRC (1998). Los niveles de proteína se calcularon en función de los niveles de lisina (5.8% de lisina respecto al nivel de proteína) (Sierra y Cuarón, 1999). El resto de los aminoácidos mantuvieron una relación constante en base digestible (digestibilidad ileal verdadera) con lisina empleado el perfil ideal de proteína (Baker, 1997).

Análisis estadístico

Los datos se analizaron en un diseño completamente al azar en arreglo factorial 2x5 (sexo X 5 niveles de energía metabolizable en la dieta). Las tendencias de respuesta a las diluciones energéticas de la dieta se definieron mediante el uso de contrastes ortogonales (lineales, cuadráticos y cúbicos), con las rutinas de los modelos lineales generales (SAS, 1996), y los procedimientos de regresión método paso a paso (SAS, 1996).

RESULTADOS

Experimento 1, animales de 30-50 kg de peso (cuadro 5).

Al final del periodo experimental, el CDA no difirió entre tratamientos (2.28 ± 0.34 kg/día, $P>0.05$), a similares consumos de alimento, las diferencias en el consumo diario de lisina digestible tampoco fueron evidentes ($CDLysD=19.35 \pm 2.92$ g/día, $P>0.05$). El consumo diario de EM se incrementó linealmente ($P<0.05$, $R^2=0.67$) al aumentar los niveles de este nutrimento en la dieta. La ganancia diaria de peso mostró un aumento numérico ($P>0.05$) conforme se intensificaba la EM en la dieta (de 0.68 a 0.81 kg por día en los niveles alto y bajo receptivamente), la eficiencia en la utilización de alimento respondió linealmente ($P<0.05$, $R^2=0.55$), se registró una mejoría del 38% lo que equivale a 123 g más de ganancia por cada 0.1 Mcal de aumento en la dieta. El peso final mostró una diferencia numérica a favor de las dietas con una mayor concentración de energía (51 vs 54 kg de peso vivo en los niveles bajo y alto respectivamente, $P>0.05$).

La acumulación de grasa dorsal y la profundidad del músculo largo dorsal no fueron diferentes entre tratamientos ($DGD = 0.32 \pm 0.27$ y 0.49 ± 0.49 cm, respectivamente $P>0.05$). La ganancia diaria de tejido magro libre de grasa mostró una mejoría numérica cuando los niveles de energía rebasaron las 3.3 Mcal/kg (0.27 Vs. 0.33 kg/día, $P<0.05$). Al final del periodo experimental el peso de los animales (51.5 ± 5.8) y el tejido magro libre de grasa (21.6 ± 2.4) no fueron diferentes ($P>0.05$). Sin embargo, en ambas variables la respuesta se intensifica numéricamente cuando el consumo de EM se incrementó. En general los machos consumieron 10% mas alimento que hembras ($P<0.01$) por lo que el consumo de EM fue mayor ($P<0.01$). Los machos castrados crecieron igual que las hembras ($P>0.05$), pero las hembras fueron 10% mas eficientes que los machos castrados ($P<0.05$). Las hembras y los machos aumentaron el grosor de la grasa dorsal de forma similar ($P>0.05$), pero los machos tuvieron una mayor diferencia en profundidad muscular ($P>0.05$).

En el periodo de seguimiento (cuadro 6) no se registraron diferencias sobre consumo ni ganancia de peso (2.76 ± 0.28 kg/día, $P>0.05$; y 0.72 ± 0.11 $P>0.05$,

respectivamente). Al final del periodo de seguimiento el peso de los animales y la cantidad de tejido magro libre de grasa no difirieron entre tratamientos (71.45 ± 7.00 kg y 28.56 ± 2.86 kg de peso respectivamente, $P>0.05$), sin embargo, numéricamente los animales mas pesados fueron los que previamente recibieron las dietas con una mayor concentración de EM (69.1 vs 73.2 kg, niveles bajo y alto respectivamente, $P>0.05$).

Experimento 2, animales de 50-70 kg de peso (cuadro 7).

No se registraron diferencias en cuanto al consumo voluntario de alimento (CDA = 2.9 ± 0.3 kg, $P>0.05$) y consumo diario de lisina (21.3 ± 2.4 g/día, $P>0.05$). Aun cuando no se detectaron diferencias en el consumo de alimento, el consumo de EM no fue diferente, ($P>0.05$). La tasa de crecimiento y la deposición de tejidos fueron similares (GDP = 0.823 ± 0.176 ; GDTMLG = 0.283 ± 0.092 $P>0.05$, respectivamente). Los machos consumieron más alimento que las hembras ($P>0.05$). No se detectaron diferencias ($P>0.05$) en eficiencia alimenticia (290 ± 0.058 g/kg), las hembras depositaron más grasa que los machos ($P<0.01$) y fueron menos magras ($P>0.05$).

Experimento 3, animales de 80-100 kg de peso (cuadro 8).

No se detectaron diferencias en el consumo diario de alimento ($P>0.05$) conforme se incrementó la concentración de EM en la dieta. El consumo diario de lisina superó los 18 g/día ($P>0.05$). El consumo diario de EM se incrementó gradualmente al intensificarse la densidad de este nutrimento (de 9.7 a 10.7 Mcal/kg en los niveles bajo y alto de EM, respectivamente; $P<0.02$). La GDP se comportó de forma lineal ($P<0.05$) respecto al nivel de EM en la dieta. La eficiencia alimenticia se incrementó al aumentar el CEM (lineal, $P<0.05$). La deposición de grasa dorsal registró una interacción entre sexo y tratamiento ($P<0.008$), hasta las 3.1 Mcal los machos depositaron más grasa que las hembras; al superar este nivel, la deposición de tejido graso en las hembras fue igual a la de los machos castrados (figura 1). La ganancia diaria de tejido magro

libre de grasa no se mejoró ($P < 0.14$), sin embargo, cuando los niveles de EM en la dieta superaron las 3.2 Mcal/kg de alimento la ganancia diaria de magro se incrementó numéricamente, aun que este incremento no resulto significativo (de 0.22 a 0.26 kg por día, $P > 0.05$). Al final del periodo la cantidad final de tejido magro estimada tampoco fue diferente ($P > 0.05$). No se detectaron diferencias entre sexos sobre la deposición diaria de tejido magro ($P > 0.05$). Numéricamente, los machos castrados depositaron más tejido magro cuando se rebasaron las 3.2 Mcal/kg (promedio de los tres primeros niveles 0.22 kg/día vs. promedio de los dos últimos 0.256 g/día); en las hembras la deposición de magro aumentó cuando la EM en el alimento rebasó las 3.3 Mcal/kg (promedio de los 4 primeros niveles 0.22 g/día vs el último 0.25 kg/día EEM = 0.01). El peso final no mostró diferencias ($P > 0.05$), los machos fueron mas pesados que las hembras (hembras = 104 vs machos = 106 kg, $P < 0.05$). Los machos consumieron 7% mas alimento que las hembras (3.40 vs 3.16 kg/día respectivamente, $P < 0.05$) y ganaron más peso (0.82 vs 0.77 kg/día respectivamente, $P < 0.05$). Las hembras fueron 5% más magras (39 vs 38 kg respectivamente, $P < 0.001$) y depositaron menos grasa (0.39 vs 0.57 cm respectivamente, $P < 0.02$).

DISCUSIÓN.

En cerdos en crecimiento (experimento 1), dado que no se observaron diferencias en el CDA, se incrementó el consumo de EM conforme aumentó la densidad energética del alimento. Esto puede explicar en parte el aumento en la tasa de crecimiento (17%) observada en los niveles más altos de energía. Similares observaciones han sido reportadas por otros autores Stein y Easter 1996, usando cerdos de 45-110 kg de peso no encontraron diferencias en el consumo de alimento conforme se incrementaba la EM en la dieta de 2.7-3.3 Mcal/kg de alimento (3.3 kg/día), el consumo solo se redujo cuando la EM superó las 3.4 Mcal/kg de alimento (2.9 kg/día). De forma similar, el consumo de energía se incrementó lo que mejoró la GDP (14.2%) y la deposición de TMLG (15.8% de

330 a 392 g/día, niveles bajo y alto respectivamente). En contraste Chiva et al (1991ab), encontraron una reducción en el CDA conforme se incrementaba la EM en la dieta (de 2.1-1.5 kg/día con 3.0 y 3.4 Mcal/kg de alimento respectivamente), por lo que el consumo de EM no fue diferente, esto concuerda con la teoría de que el cerdo ajusta su consumo para lograr un consumo constante de EM (NRC, 1986; NRC, 1998), sin embargo, también se ha reportado (Chiba et al, 1991ab; Quiniou et al, 1999) una mejoría en la respuesta productiva y deposición de proteína con altos consumos de EM y niveles adecuados de lisina (de 3 a 3.2 g de Lis/Mcal de EM) (Chiba et al, 1991ab). En diferentes estudios usando cerdos en crecimiento (Berschauer et al, 1983; Campbell et al, 1983; Batterham et al, 1985; Coma et al, 1995), se destaca que el de consumo de energía depende de su concentración en el alimento y cuando se limita su consumo (por una dilución o por restricciones alimenticias) se reduce la tasa de crecimiento y la deposición de proteína. En el periodo de seguimiento (experimento 1, crecimiento), los animales que recibieron las dietas más pobres en energía (los que crecieron menos), no mostraron ninguna forma de crecimiento compensatorio lo que contrasta con los estudios realizados por Campbell et al (1983), quienes encontraron una mejora en la ganancia de peso en el periodo posterior a una restricción alimenticia, sin embargo y de forma similar a lo encontrado en el experimento 1, la mejoría no fue de la suficiente magnitud como para alcanzar a los punteros, lo que destaca la importancia de las necesidades energéticas en crecimiento. Diferentes autores (Chiba et al, 1991ab; Coma et al, 1995; Cuaron, 1999) concuerdan en que si se frena en algún momento el consumo de EM (dependiendo de la magnitud y duración de la restricción), el cerdo no podrá recuperarse, pues al corregir el aporte de energía la necesidad de este nutrimento seguirá siendo superior a los límites de consumo.

En cerdos de menos de 50 kg la eficiencia en la optimización y aumento de la síntesis de proteína muscular dependen del consumo de EM (cuando los otros nutrimentos no son limitantes) (Campbell y King, 1982; Campbell et al, 1988; Chiba et al, 1991b; Coma et al, 1995; Stein y Easter, 1996; Cuaron, 1999; Ellis,

1999). En el experimento con cerdos de 30 kg de peso se observa que aún con los niveles más altos de EM (3.4 Mcal/kg) la capacidad de crecimiento está aún por encima de los límites de consumo de EM (las 7.7 Mcal/día), muy probablemente esto se deba a que no se alcanzó el tope máximo de deposición de tejido magro (330 g/d en el consumo de EM más alto) lo que incrementa el requerimiento de EM en un peso y edad determinados (Cuarón, 1999). Si esto se cumple, el límite máximo de consumo de energía estará determinado por el potencial de crecimiento del animal (deposición de proteína) (Coma *et al*, 1995; Quiniou *et al*, 1999; Cuarón, 1999 y Ellis, 1999) y la capacidad de consumo de alimento será entonces la mayor limitante para el crecimiento.

En cerdos de más de 80 kg de peso los requerimientos de nutrimentos para llevar a cabo el crecimiento están dentro de los límites de consumo por la reducción en el ritmo de crecimiento (Chiva *et al*, 1991a; Campbell *et al*, 1993; Coma *et al*, 1995; Ellis, 1999) y por un aumento en la capacidad de consumo (NRC, 1986; NRC, 1998). En este estudio aun cuando se detectó una reducción numérica en el consumo de alimento, el consumo de energía se incrementó un 9 % en los niveles que recibieron los niveles más altos de EM lo que mejoró la tasa de crecimiento un 12%. Otros autores (Henry, 1985; NRC, 1986; Coma *et al*, 1995; NRC, 1998) han encontrado resultados similares, con dietas altas en energía el consumo se reduce sin afectar la deposición de músculo y la ganancia de peso. También se ha indicado (Henry, 1985) que el nivel de alimento o EM consumidos es dependiente de la capacidad para depositar músculo o grasa y del costo energético para su formación, lo que hace de esto una respuesta dependiente de raza. Los genotipos magros incrementan la deposición de músculo cuando existe un aumento en la EM (Campbell *et al*, 1982), en cerdos con menor capacidad de crecimiento no se incrementa la deposición de magro (por que la tasa máxima de deposición ha sido alcanzada) y si se incrementa la deposición de grasa (Henry, 1985). Quiniou *et al*, 1999, destaca la relación lineal entre la deposición de músculo y consumo de energía cuando la tasa máxima de deposición de músculo no se ha alcanzado, esto puede explicar el aumento en la ganancia de peso o

músculo en niveles mas altos de energía consumida. En general el nivel máximo de consumo de energía será alto cuando la intensidad para la deposición de músculo sea alta, será bajo cuando el nivel de energía se acerque a los requerimientos de mantenimiento (Henry, 1985; Quiniou *et al*, 1999; Quiniou *et al*, 2000).

Gran parte de las diferencias observadas en este estudio sobre la respuesta productiva y consumo de energía son dependientes del género. Diferentes investigaciones muestran la relación entre el sexo, la deposición de tejidos y el consumo de energía. De acuerdo con los resultados de Davis *et al* (1980), cuando se incrementa el consumo de energía también se induce un incremento en la ganancia de tejido magro en hembras y machos castrados, mientras que el incremento en la deposición de grasa tiende a ser más alto en machos castrados. Las hembras tienden a depositar menos proteína y mas grasa que los machos castrados por lo que el requerimiento de energía necesaria para la deposición de este tejido es menor (Campbell *et al*, 1982; Campbell *et al*, 1983; Juan, 1984; Campbell *et al*, 1988; Coma *et al*, 1995; NRC, 1998), de esta forma el aumento en el consumo de EM resultará en una mayor deposición de grasa (Campbell *et al*, 1982; Campbel *et al*, 1988; Coma *et al*, 1995). En el experimento con animales de 80 kg, aún con el aumento en la deposición de grasa en los machos castrados (el cual se detiene alrededor de las 3.17 Mcal/kg o 10.3 Mcal/día), la cantidad de tejido magro depositado siguió incrementándose conforme se intensifica el consumo de EM, por lo que cualquier restricción en el consumo de EM puede afectar negativamente la deposición de este tejido, esto es de particular importancia cerdos con alta capacidad de deposición de proteína (Just and Peterson, 1976; Metz *et al*, 1982; Henry, 1985). Esto puede explicar en parte la respuesta sobre el consumo, los cerdos siguieron incrementando la cantidad de energía consumida por que el límite superior para la deposición de proteína aún no estaba cubierto, o bien los cerdos siguieron depositando más músculo. Henry, 1985 encontró una interacción entre la cantidad de energía en la dieta y el genotipo, los genotipos magros reducen la deposición de músculo cuando existe

una reducción en el aporte de energía, en cerdos obesos sucede lo contrario. Cuando el cerdo se acerca a su peso adulto, la deposición de grasa es más relevante por que las necesidades de energía para el crecimiento (por la deposición de proteína muscular) se reducen y será en este momento cuando sea capaz de regular efectivamente su consumo de energía. Un ejemplo de esto es la reducción en el consumo de energía por unidad de peso, aun con el incremento en el consumo de alimento. Las mayores demandas de consumo de energía en crecimiento están determinadas por la mayor deposición de proteína muscular, cuando el cerdo se acerca a su peso adulto, la reducción en el requerimiento de energía resultante de la disminución en la síntesis de magro (como % del peso corporal) favorece la deposición de tejido adiposo y muy probablemente no exista un estímulo para ello, simplemente el animal está reduciendo su tasa de crecimiento y es cuando los reservorios (en forma de tejido graso) empiezan a ser activados, entonces los límites para la deposición de grasa están determinados por el potencial genético del animal (Campbell *et al*, 1988; Chiba *et al*, 1991ab; Cuarón, 1999), el consumo solo permite que esa característica se exprese, y es en este momento cuando el animal puede regular su consumo de acuerdo a su potencial, ya que en esta etapa las necesidades inherentes al crecimiento se reducen y pueden estar dentro de los límites de consumo de alimento.

CONCLUSIONES.

En cerdos de 30-50 kg de peso la capacidad de consumo de energía está por encima de los límites de consumo de alimento por lo que cualquier restricción en el consumo de EM resultará en una menor tasa de crecimiento y una menor deposición de tejido magro libre de grasa. Esto sugiere que los límites de consumo de EM pueden estar determinados por la capacidad de síntesis de tejido magro. En animales en crecimiento, después de una restricción en el consumo de energía, los límites de para la deposición de magro siguen siendo fuertes, la restricción en el consumo de energía limitará de alguna forma las posibilidades de observar un crecimiento compensatorio por que los límites de consumo de energía no se alcanzan (por la limitada capacidad de consumo).

Después de los 80 kg de peso los cerdos pueden incrementar el consumo de alimento para reducir los efectos de una dilución de energía en la dieta, en este periodo los requerimientos nutrimentales para llevar a cabo el crecimiento están dentro de los límites de consumo, lo que puede estar asociado a la reducción en la deposición de tejido magro. Esto sugiere que, en animales en el periodo de finalización con alta capacidad de deposición de tejido magro, el consumo de energía puede seguir siendo una limitante. Los resultados de este experimento sugieren que en machos castrados, cualquier restricción sobre la deposición de grasa a partir de un menor consumo de EM resultará en una menor deposición de tejido magro libre de grasa, en hembras esto no parece estar sucediendo por que la capacidad de deposición de tejido magro es menor.

BIBLIOGRAFIA

1. Baker DH. Ideal Amino acid profiles for swine and poultry and their applications in feed formulation, FERMEX Technical Review-9, 1997, 26
2. Batterham ES, Giles LR, and Dettmann Belinda E. Amino acid and energy interactions in growing pigs. 1. Effects of food intake, sex and live weight on the responses of growing pigs to lysine concentration, Anim. Prod. 1985, 40, 331-343
3. Berschauer F, Close WH, and Stephens DB. The influence of protein:energy value of the ration and level of feed intake on the energy and nitrogen metabolism of the growing pig. 2. N metabolism of the environmental temperatures, J. Anim. Sci., 1983, 49, 271-283
4. Bikker P, Karabinas V, Verstegen MWA and Campbell RG. Protein and lipid accretion in body components of growing gilts (20 to 45 kg) as affected by energy intake, J. Anim. Sci. 1995, 73:2355-2363
5. Bikker P, Verstegen MWA and Campbell RG. Performance and body composition of finishing gilts (45 to 85 kg) as affected by energy intake and nutrition in earlier life: II. Protein and lipid accretion in body components, J. Anim. Sci. 1985, 74:817-826
6. Bikker P, Verstegen MWA, Kemp B and Bosch M. W. Performance and body composition of finishing gilts (45 to 85 kg) as affected by energy intake and nutrition in earlier life: I. Growth of the body and body components, J. Anim. Sci. 1996, 74:806-816

7. Braña VD y Cuarón IJA. Comparación de tres sistemas de formulación a proteína y aminoácidos en dietas para cerdos, Tesis profesional, FMVZ, UNAM, 1994, p.51
8. Brannaman, J. L., Christian L. L., Rothschild M. F. And Kline E. A. (1984), Prediction equations for estimating Lean quantity in 15 to 50 Kg. in pigs, J. Anim. Sci., 59:991-996
9. Brown HW, Harmon BG and Jensen AJ. Lysine requirement of the finishing pig for maximum carcass leanness, J. Anim. Sci. 1973, 37:1159-1164
10. Brown HW, Harmon BG and Jensen AJ. Lysine requirement of the finishing pig for maximum rate of gain and efficiency, J. Anim. Sci. 1973, 37:708-712
11. Brumm MC. El impacto del manejo de las instalaciones sobre las decisiones en la nutrición porcina, XI ciclo de conferencias sobre aminoácidos sintéticos, México DF, 1999, 79-101
12. Cambell RG, Taverner MR and Curic DM. The influence of feeding from 20 to 45 kg live weight on the performance and body composition of female and entire male pigs, B. Soc. Anim. Prod. 1983, 36:193-199
13. Campbell RG and Dunkin A. The influence of dietary protein and energy intake on the performance, body composition and energy utilization of pigs growing from 7 to 19 kg, Anim. Prod. 1983, 36:185-195
14. Campbell RG and Dunkin A. The influence of nutrition in early life on growth and development of the pig. 3. Effects of energy intake prior and subsequent to 10 kg on growth and development to 30 kg live weight, Anim. Prod. 1983,

36:435-443

15. Campbell RG and Taverner MR. Genotype and sex effects on the relationship between energy intake and protein deposition in growing pigs, J. Anim. Sci. 1988, 66:676-686
16. Campbell RG, and King RH. The influence of dietary protein and level of feeding on the growth performance and carcass characteristics of entire and castrated male pigs, Anim. Prod., 1982, 35, 177-184
17. Campbell RG, Steele NC, Caperna TJ, McMurtry JP, Solomon MB, and Mitchell AD. Interrelationships between energy intake and endogenous porcine growth hormone administration on the performance, body composition and protein and energy metabolism of growing pigs weighing 25 to 55 kilograms live weight, J. Anim. Sci., 1988, 66, 1643-1655
18. Campbell RG, Taverner MR, and Curic DM. Effect of feeding level from 20 to 45 on the performance and carcass composition of pigs grown to 90 kg live weight, Livestock Production Science, 1983, 10, 265-262
19. Castañeda SE, Guerrero CM, Cadena ES y Cuarón JA. Estrategias de formulación para la finalización de cerdos para el abasto, IX congreso nacional de AMENA, Iztapa Zihuatanejo México, 1999
20. Chiba LI, Lewis AJ, and Peo ER. Amino acid and energy interrelationships in pigs weighing 20 to 50 kilograms: rate and efficiency of weight gain, J. Anim. Sci., 1991a, 69, 694-707
21. Chiba LI, Lewis AJ, and Peo ER. Amino acid and energy interrelationships in

- pigs weighing 20 to 50 kilograms: ii rate and efficiency of protein and fat deposition, J. Anim. Sci., 1991b, 69, 708-718
22. Christian LL, Strock KL and Carlson JP. Effects of protein, breed cross, sex and slaughter weight on swine performance and carcass traits, J. Anim. Sci. 1980, 51:51-58
23. Cisneros F, Ellis M, Miller KD, Novakofski J, Wilson ER and McKeith FK. Comparison of transverse and longitudinal real time ultrasound scans for prediction of lean cut yields and fat-free lean content in live pigs, J. Anim. Sci, 1996, 74, 2566-2576
24. Cleveland ER, Johnson RK and Mandingo RW. Index selection and feed intake restriction in swine. 1. Effect on rate and composition of growth, J. Anim. Sci. 1983, 56:560-569
25. Close WH, Berschauser F and Heavens RP. The influence of protein:energy value of the ration and level of feed intake on the energy and nitrogen metabolism of the growing pigs. 1. Energy metabolism, Br. J. Nutr. 1983, 49:255-269
26. Coma J, Zimmerman DR, and Carrion D. Interactive effects of feed intake and stage of growth on the lysine requirement of pig, J. Anim. Sci., 1995, 73, 3369-3375
27. Cuarón IJA. Los requerimientos y la producción: energía, aminoácidos y crecimiento magro, Curvas de crecimiento y modelos en cerdos, Curso precongreso del IX congreso nacional de AMENA, Iztapa Zihuatanejo México,

1999, 1-36

28. Cuarón JA. Rendimiento en canal, su valor y evaluación, porcirama, 1993, Año 3, Volumen 3, p. 32-51
29. De Greef KH, Verstegen MWA, Kemp B and Van Der Togt PL. The effect of body weight and intake on the composition of deposited tissue in pigs, Anim. Prod. 1994, 58:263-270
30. Ellis M. Factores que afectan el consumo de alimento en cerdos en crecimiento-finalización, Curvas de crecimiento y modelos en cerdos, Curso precongreso del IX congreso nacional de AMENA, Iztapa Zihuatanejo México, 1999, 58-81
31. Fahey TJ, Schaefer DM, Kauffman RG, Epley RJ, Gould PF, Romans JR, Smith GS and Topel DG. A Comparison of practical to estimate pork carcass composition, J. Anim. Sci. 1977, 44:8-17
32. Fuller MF and Boyne AW. The effects of environmental temperature on the growth and metabolism of pigs given different amounts of food. 1. Nitrogen metabolism, growth and body composition, Br. J. Nutr. 1971, 25:259-272
33. Fuller MF, English PR, Livingstone RM and Crofts RMJ. Effects of simultaneous reduction of food intake and dietary protein concentration on the growth and carcass quality of bacon pigs, J. Agric. Sci. 1976, Camb. 86:7-16
34. Giles LR, Batterham ES and Dettmann BE. Amino acid and energy interactions in growing pigs. 3. Effects of sex and live weight and cereal on the responses to dietary lysine concentration when fed ad libitum or to a restricted food scale

- on diets based on wheat or barley, Anim. Prod.1987, 45:493-502
35. Giles LR, Batterham ES and Dettmann Belinda E. Amino acid and energy interactions in growing pigs. 2. Effects of food intake, sex and live weight on responses to lysine concentration in barley-based diets, Anim. Prod. 1986, 42:133-144
36. Greef KH and Verstegen MWA. Partitioning of protein and lipid deposition in the body of growing pigs, Livestock Production Sci. 1993, 35:317-328
37. Haydon KD, Tanksley TD and Knabe DA. Performance and carcass composition of limit-fed growing-finishing swine, J. Anim. Sci. 1989, 67:1916-1925
38. Henry Y. Dietary factors involved in feed intake regulation in growing pigs: a review, Livestock Production Science, 1985, 12, 339-354
39. Hyun Y, Ellis M, and Johnson. Effects of feeder type, space allowance, and mixing on the growth performance and feed intake pattern of growing pigs, J. Anim. Sci, 1998, 76 2771-2778
40. Imbeah M, and Sauer WC. The effect of dietary level of fat on amino acid digestibility in soybean meal and canola meal and on rate of passage in growing pigs, liv. Prod. Sci., 1991, 29, 227-239
41. Just A, and Pedersen OK. Danish Investigation concerning body composition of pigs in relation to nutrition, sex and slaughter weight, Livestock Production Science, 1976, 3, 271-284
42. Just A. Nutritional manipulation and interpretation of body compositional

- differences in growing swine. *J. Anim. Sci.*, 1984, 58, 740-752
43. Just A. The net energy value of crude (catabolized) protein for growth in pigs, *livest. Prod. Sci.* 1982, 9:349-360
44. Kerr BJ. (1993), Optimizing lean tissue deposition in swine, *FERMEX Technical Review-6*, 1993, 16
45. Kyriazakis I and Emmans GC. The effects of varying protein and energy intake on the growth and body composition of pigs. 2. The effects of varying both energy and protein intake, *Br. J. Nutr.* 1992, 68:615-625
46. Lee SL. Digestible amino acids and digestible amino acids requirements for swine, *FERMEX Technical Review-2*, 1997, p. 16
47. Lenis NP, Bikker P, Van Der Meulen J, Van Diepen JThM, Bakker JGM, and Jongbloden. Effect of dietary neutral detergent fiber on ideal digestibility and portal flux of nitrogen and amino acids and on nitrogen utilization in growing pigs, *J. Anim. Sci.*, 1996, 74, 2687-2699
48. Li S, and Sauer WC. The effect of dietary fat content on amino acid digestibility in young pigs, *J. Anim. Sci.*, 1994, 72, 1737-1743
49. Li S, Sauer WC, and Hardin RT. Effect of dietary fiber level on amino acid digestibility in young pigs, *Can. J. Anim. Sci.*, 1994, 74, 327-333
50. Metz SHM, Bergstrom PL, Lenis NP, De Wijs M, and Dekker RA. The effect of daily energy intake on growth rate and composition of weight gain in pigs, *Livestock Production Science*, 1980, 7, 79-89
51. NRC. Nutrient requirements of swine, tenth revised edition, National Academy

- of Sciences, 1998, 3-42
52. NRC. Predicting feed intake of food-producing animals, National academy press, 1986, 1-85
53. Overland M, Mroz Z and Sundstol F. Effect of lecithin on the apparent ileal and overall digestibility of crude fat and fatty acids in pigs, J. Anim. Sci. 1994, 72:2022-2028
54. Quiniou N, Dubois S, and Noblet J. Voluntary feed intake and feeding behavior of group-housed growing pigs are affected by ambient temperatures and body weight, Livestock Production Science, 2000, 63, 245-253
55. Quiniou N, Noblet J, Dourrmand J-Y, and Van Milgen J. Influence of energy supply on growth characteristics in pigs and consequences for grow modeling; Livestock Production Sciences, 1999, 60, 317-328
56. Rao DS and McCracken KJ. Energy: protein interactions in growing boars of high genetic potential for lean growth. 1. Effects on growth, carcass characteristics and organ weights, Anim. Prod. 1992, 54:75-82
57. Rao DS and McCracken KJ. Energy: protein interactions in growing boars of high genetic potential for lean growth. 2. Effects on chemical composition of grain and whole-body protein turn-over, Anim. Prod. 1992, 54:83-93
58. Rao DS and McCracken KJ. Effect of energy intake on protein and energy metabolism of boars of high genetic potential for lean growth, Anim. Prod. 1991, 52:499-507
59. SAS user's guide: statistics, SAS inst. 1996, Inc. Cary, NC.

60. Schinckel AP, Preckel PV, and Einstein ME. Prediction of daily protein accretion rates of pigs from estimates of fat free lean gain between 20 to 120 kilograms live weight, J. Anim. Sci., 1996, 74, 498-503
61. Schulze H, Van Der Leeuwen P, Verstegen MWA, Huisman J, Souffrant WB, and Ahrens F. Effect of level of dietary neutral detergent fiber on ileal apparent digestibility and ileal nitrogen losses in pigs, J. Anim. Sci., 1994, 72, 2362-2368
62. Shields RG, Mahan DC and Cahill VR. A comparison of methods for estimating carcass and empty body composition in swine from birth to 145 Kg., J. Anim. Sci. 1983, 57:55-65
63. Shields RG, Mahan DC and Graham PL. Changes in swine body composition from birth to 145 Kg., J. Anim. Sci. 1983, 57:43-54
64. Sierra D. J. y Cuarón. I. J. A. (1999), Balance de nitrógeno en cerdos en crecimiento en función de la densidad energética, IX Congreso nacional de AMENA, Iztapa Zihuatanejo México, 1999, 17
65. Stahly TS and Wahlstron RC. Effects of dietary protein level and feed restriction on performance and carcass characteristics of swine, J. Anim. Sci. 1973, 36:1109-1113

66. Stein H. and Easter R.A. Dietary energy concentration affects carcass leanness in finishing hogs, University of Illinois, Swine Research Report, Urbana Champaign, 1996, 41-47

APENDICE

Como se puede evidenciar en los experimentos resumidos en este trabajo, los cerdos pueden incrementar el consumo de alimento para compensar una dilución de energía en la dieta. En el sentido práctico, muchos ingredientes pueden reducir la densidad energética de un alimento entre los que destaca la pasta de canola. En México el empleo de este ingrediente es una práctica común, sobre todo cuando se trata de reducir los costos por concepto de alimentación. A forma de constatar la información generada con los experimentos previos, y para evaluar los posibles efectos de la pasta de canola sobre consumo de alimento (por la presencia de factores antinutrimientales y/o por la reducción en el contenido calórico) en cerdos en finalización, se realizaron una serie de experimentos empleando pasta de canola los cuales se resumen a forma de apéndice.

Este trabajo fue enviado el 18 de julio de 2001 y aceptado para su publicación el 4 de septiembre de 2001 por la revista Técnica Pecuaria México (Volumen 39, Numero 3, paginas 179 – 192).

PASTA DE CANOLA COMO SUPLEMENTO EN DIETAS PARA LA FINALIZACIÓN DE CERDOS

Álvaro Rojo Gómez ¹

Víctor Gerardo Pérez Mendoza ¹

Alejandro Bayardo Uribe ¹

Héctor Jairo Correa Cardona ¹

José Antonio Cuarón Ibargüengoytia ²

¹ Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias de la Salud y la Producción Animal, Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán, UNAM; ² Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, INIFAP.

Trabajo parcialmente financiado por el PAIEPEME AC y ADM Bioproductos - México (MVZ Francisco Báez Medina y MVZ Francisco Guerrero Avendaño).

Agradecemos a la UGRPEG (Ing. Sergio Antonio González) por el muestreo de canola en el mercado y el proceso (empastillado).

RESUMEN

Se condujeron dos experimentos para evaluar la sustitución de pasta de soya por pasta de canola (canola). En el Exp. 1, 28 cerdos (63 ± 9.1 kg), alojados individualmente, se aleatorizaron a 5 tratamientos: 1) Control, sorgo-soya; 2) canola en harina; 3) como 2+saborizante; 4) canola empastillada y 5) como 4+saborizante. Todas las dietas tuvieron un aporte similar de nutrimentos. En el Exp. 2, se usaron 93 cerdos (51 ± 5 kg) y se aleatorizaron a 5 tratamientos: 1) Control, sorgo-soya; 2) sustitución de soya por canola al 50% de la proteína; 3) Sustitución de soya por canola al 100% de la proteína; 4) como 3, formulando al contenido de aminoácidos totales y 5) como 3, sin corregir la dilución energética. En el Exp. 1, no se encontraron diferencias ($P > 0.10$), lo que sugiere que la canola puede reemplazar totalmente a la soya, siempre que se formule al perfil de aminoácidos digestibles y se mantenga la densidad energética de los alimentos. En el Exp. 2, al permitir la dilución energética de la dieta por canola, tratamiento 5, el consumo fue mayor (3.18 vs 2.95 kg/d, $P < 0.05$) y la eficiencia alimenticia empeoró (0.27 vs 0.29 G/C) ya que se lograron similares ($P > 0.10$) ganancias de peso. La grasa dorsal, fue similar entre tratamientos ($P > 0.64$) y el estudio de las canales mostró iguales rendimientos de cortes magros ($P > 0.19$). Para cerdos en finalización, canola puede reemplazar a la pasta de soya si se formula a los aminoácidos digestibles y se corrige la densidad energética de la ración.

PALABRAS CLAVE: Cerdos, Pasta de canola, Aminoácidos digestibles.

INTRODUCCIÓN

En la formulación actual de alimentos para cerdos, la pasta de soya es el suplemento proteico de elección para complementar a los granos de cereales. Sin embargo, las fuentes alternas de proteína dan oportunidades para aumentar la eficiencia en el uso de los recursos para alimentación y ofrecen interesantes posibilidades para incrementar la rentabilidad. En lo particular, es de notarse un rápido incremento en la oferta mundial de pasta de canola, entre otras razones, por la demanda de aceites ricos en ácido linolénico (1).

Canola es el nombre registrado para el nabo o colza (*Brassica campestris* y *B. napus*), cuando contiene menos del 2% de los ácidos grasos como ácido erúsico y menos de 30 μ moles de alcanil-glucosinolatos por gramo de materia seca de semilla libre de aceite (2, 3). Estos compuestos son tóxicos para los animales por lo que canola, siendo prácticamente libre de ellos, es un mejor alimento que la pasta de nabo. En los últimos 10 años el contenido de glucosinolatos en la pasta de canola se ha reducido importantemente. Sin embargo, por su contenido de energía y por el perfil de aminoácidos, la pasta de canola es de menor valor nutritivo (y por ende, comercial) que la pasta de soya. (3, 4). Cuando se compara a la pasta de canola con la de soya, se puede apreciar en la primera una menor cantidad de energía digestible (2.6 vs 3.4 Mcal/kg) y un menor contenido de proteína cruda (9 a 13 unidades porcentuales), aunque la concentración relativa de treonina y aminoácidos azufrados es mayor en la pasta de canola (5).

La pasta de canola ha reemplazado parcialmente a la pasta de soya en las dietas de los cerdos (4); los resultados dependen de la etapa de crecimiento y del nivel

de inclusión en la dieta. Cuando la pasta de canola se incluye en completa sustitución de la pasta de soya, en dietas para cerdos en crecimiento, se observa un efecto adverso en el comportamiento productivo. Castell y Cliplef (5), sustituyeron totalmente la pasta de soya con la de canola (en promedio, al 18.7 % de la ración) en dietas para cerdos en crecimiento y finalización cuyo grano base fue cebada. Los autores notaron pérdidas en la eficiencia alimenticia, notablemente cuando los cerdos tuvieron un peso vivo menor a los 63 kg.

Para evitar las consecuencias de la menor densidad energética y por el diferente aporte de aminoácidos, en particular la deficiencia de lisina, por la inclusión de pasta de canola en dietas para cerdos, ciertos autores (2, 4, 6, 7) han sugerido que la pasta de canola no deba de constituir más del 50 % de la proteína que complemente a la de los granos de cereales (9 a 12% de la dieta). Hoy, la recomendación parece no tener sentido si los aportes de energía y aminoácidos disponibles para el animal se cuidan en el cálculo de las raciones.

Por otro lado, en México se sigue temiendo al uso de canola porque puede resultar en alimentos de baja aceptación por los animales. En efecto, con la pasta de nabo los glucosinolatos pueden provocar un efecto adverso en gustosidad (¿una respuesta a la toxicidad?). Al respecto, Bell *et al.* (8) señalaron que con canola, por la ausencia de glucosinolatos, no se observan rechazos a la oferta de alimento y la capacidad de consumo de los animales puede llegar a compensar las diferencias en el contenido de energía, lo que se contrapone a la percepción de que con canola los animales repelen el consumo de alimento. En cambio,

cuando se adicionaron glucosinolatos purificados a dietas con pasta de canola (8), se llegó a deprimir el consumo de alimento en cerdos. Por lo tanto, si la pasta es efectivamente de canola, no deben temerse fallas en el consumo por problemas de gustosidad.

También existe la creencia de que la presencia de niveles altos de canola en la dieta oscurecen la carne. No hay ninguna mención a éste riesgo cuando se usaron pastas de nabo ricas en ácido erúsico y glucosinolatos (6, 7, 8). Por esto, las posibilidades de generar carne oscura deben ser menores con canola. Sin embargo, debe aceptarse la posibilidad, porque en el mercado nacional la pasta canola se comercializa en forma de harina (generalmente de semillas importadas y procesadas en el país), mientras que en el resto del Norte de América y en Europa, la pasta canola se distribuye empastillada (9), ya que en esa forma se reducen los gastos de transporte al aumentar la densidad física de la pasta. Es probable, por el perfil de los ácidos grasos o porque el peletizado inactive algunas enzimas (en particular las mirosinasas), que la pasta de canola en harina pueda favorecer condiciones para la oxidación de las grasas y de mioglobina (7, 10); probablemente el peletizado de la pasta de canola, como la adición de un saborizante a las dietas que la contengan, otorgue un mayor valor a las dietas en que se incluyera el subproducto.

Así, los objetivos de este trabajo fueron definir las condiciones en las que la pasta de canola disponible en el país puede sustituir a la pasta de soya en dietas para cerdos, desde los 50 kg de peso y hasta su venta para el abasto. Se indagaron

los niveles de inclusión, la forma de cálculo de las dietas (al corregir el perfil nutritivo por el aporte de energía y aminoácidos digestibles), la influencia de la forma física de la canola (en harina o empastillada) y la adición de un saborizante.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal (CENIFyMA) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

La materia prima usada para la elaboración de las dietas experimentales fue adquirida comercialmente de proveedores conocidos y calificados. En el caso de la pasta de canola, primero se hizo un muestreo del mercado en el centro del País, aprovechando para ello los procedimientos de compra y control de calidad de la División de alimentos balanceados de la Unión Ganadera Regional de Porcicultores del Estado de Guanajuato (UGRPEG), en Irapuato, Gto. Los proveedores fueron 7 compañías aceiteras del Centro, Occidente y Norte de México; en todos los casos la semilla de canola provino esencialmente del extranjero. Identificado por proveedor, se tenían en archivo los datos de dos años, con tres a seis lotes mensuales, con la composición de la pasta de canola, típicamente: humedad, proteína cruda, fibra cruda, grasa cruda y en ocho casos, los aminogramas.

La pasta de canola que se usó provino de una mezcla indeterminada (en bodega) de tres proveedores. A la muestra recibida para la fabricación de las dietas experimentales, se le analizó bromatológicamente (11) y con los datos de proteína

cruda (ajustada al 90% de materia seca) se calcularon los aminoácidos. Para ello, se usaron ecuaciones de regresión lineal, basadas en la concentración de los aminoácidos en función del contenido de proteína ($N \times 6.25$). Los valores de digestibilidad ileal verdadera se obtuvieron al multiplicar el contenido total de cada aminoácido por los coeficientes sugeridos por Mariscal *et al.* (12).

Las ecuaciones de predicción se calcularon de un banco de datos que incluyó los resultados de los aminogramas de muestras tomadas en el País (las que proveyó la UGRPEG y 17 acopiados de otras fuentes), así como una colección de aminogramas de muestras tomadas en plantas canadienses y de los Estados Unidos de Norteamérica (ADM Bioproductos); adicionalmente, se usaron datos publicados por Nutriquest (13), Degussa (14), NRC (6) y AmiPig (15), resultando en un total de 171 observaciones.

Todos los datos de composición de las pastas de canola se ajustaron al 90% de materia seca y se agruparon en tres categorías: muestras mexicanas, canadienses y estadounidenses o recopiladas de la literatura, mismas que se compararon por los métodos de mínimos cuadrados, usando los Modelos Lineales Generales (16). Las 171 muestras se sometieron a un análisis de regresión “paso a paso” (16), incluyendo las variables proteína cruda y su expresión al cuadrado y al cubo, y aumentar la precisión. No se incluyeron otros elementos, posiblemente útiles para aumentar la precisión de las predicciones (como podrían ser fracciones de fibra, solubilidad en KOH, lisina químicamente disponible), porque los datos fueron muy limitados.

Se realizaron dos experimentos en donde se usaron un total de 121 cerdos (66 hembras y 55 machos castrados) producto de un cruzamiento alterno de las razas Landrace y Duroc. Los cerdos se distribuyeron al azar en corraletas individuales, en un edificio de tipo frente abierto, con piso sólido de concreto y una superficie útil de 1.2 m²; todas las corraletas contaron con un comedero tipo tolva y un bebedero automático de chupón. En todo momento los animales fueron alimentados a saciedad en dos comidas (0730 y 1800).

Experimento 1

En un periodo de 40 días, en los cuales se utilizaron 28 cerdos, (13 machos castrados y 15 hembras) con un peso promedio inicial de 63 ± 9.1 kg hasta alcanzar un peso promedio de 99 ± 10.4 kg. Los cerdos fueron asignados aleatoriamente a uno de cinco tratamientos que fueron: una dieta control (SOY) basada en sorgo y pasta de soya y cuatro dietas en las que la pasta de canola reemplazó completamente a la pasta de soya: pasta de canola en harina (CAH), canola en harina + saborizante (CAHS), canola en pastilla (CAP) y canola en pastilla + saborizante (CAPS). Todas las dietas fueron isoenergéticas, isoproteicas e isolisínicas y se procuró mantener un perfil de aminoácidos digestibles similar al patrón de Proteína Ideal recomendado por Baker (17), evitando excesos de nitrógeno al mantener la relación lisina a proteína cruda entre el 5.2 y el 6% (18). La composición y análisis calculado de las dietas se muestran en el Cuadro 9.

La pasta de canola en harina o en pastilla fue la misma, sólo que la última, se

sometió al proceso de empastillado y posterior molienda, antes de ser transportada al Centro de Investigación para su incorporación a las dietas experimentales. Aún cuando se tuvo cuidado de asegurar que las dos formas de canola fueran de un mismo lote, su composición proximal se verificó al arribo de la muestra.

El experimento se condujo bajo un esquema de bloques incompletos al azar (seis repeticiones en los tratamientos 1, 2 y 4; cinco repeticiones en los tratamientos 3 y 5), en donde el criterio de bloqueo fue el sexo (hembras y machos castrados). El arreglo de los tratamientos corresponde a la aproximación factorial por la forma física, o tratamiento previo de la pasta de canola (harina o pastilla) y la adición o no del saborizante; la dieta sorgo-pasta de soya se consideró como control positivo. Las variables de respuesta fueron el consumo diario de alimento (CDA), la ganancia diaria de peso (GDP) y la eficiencia alimenticia (Ganancia/Consumo). Las comparaciones planeadas fueron los efectos mayores de la forma física de la canola (empastillada o no), del saborizante, y su interacción, así como la respuesta promedio a la inclusión de canola vs el control con pasta de soya. Todos los análisis estadísticos se realizaron con la ayuda del paquete estadístico SAS (16), usando las rutinas de los Modelos Lineales Generales.

Experimento 2.

Se usaron 93 cerdos (51 hembras y 42 machos castrados), con un peso inicial promedio de 51 ± 5 kg y por un período de 56 días. Las demás condiciones de alojamiento y manejo de los animales fueron similares a las del experimento

previo.

Los animales fueron asignados aleatoriamente a cinco grupos experimentales (para un mínimo de 18 unidades experimentales por tratamiento). Los cerdos del grupo control (SOY) recibieron una dieta sorgo-pasta de soya, formulada con base en el perfil de aminoácidos digestibles. En el segundo grupo (CAN 50%), los animales recibieron una dieta que contenía una cantidad similar de nutrimentos que la dieta control, pero formulada para sustituir el 50% de la proteína suplementaria (al sorgo) con pasta de canola. A los cerdos del tratamiento 3 (CAN 100%) se les ofreció una dieta similar a la anterior, pero formulada a partir de pasta de canola y sorgo, sustituyendo el 100% de la pasta de soya. Los cerdos de los tratamientos 4 y 5 recibieron una dieta constituida por pasta de canola y sorgo, formulada para destacar la importancia del aporte de aminoácidos digestibles o de la energía metabolizable. La dieta del tratamiento 4 (AAT), se formuló a proteína total manteniendo una cantidad de PC, lisina y de EM similar a la dieta Control, sin considerar el aporte de aminoácidos digestibles; los cerdos del tratamiento 5 (EM Libre), recibieron una dieta a partir de pasta de canola, con la misma cantidad y relación de aminoácidos que la dieta control (SOY), pero sin corregir la dilución energética, consecuencia de la inclusión de la pasta de canola. La composición de las dietas y su análisis calculado se muestran en el Cuadro 10.

Al inicio del periodo experimental y cada 14 días, los cerdos se pesaron para seguir los cambios acumulados de peso corporal, con lo que se calculó la ganancia diaria de peso (GDP); se registró el consumo diario de alimento (CDA) y

se calculó el consumo diario de energía metabolizable (CDE), consumo diario de lisina (CDL) y la eficiencia alimenticia (Ganancia/Consumo).

Al inicio de los experimentos y antes de enviar los cerdos al abasto, se midió la profundidad de la grasa dorsal y del músculo largo dorsal a la altura de la décima y última costillas, ambos en el punto dos (P_2): a 6.5 cm de la línea media, usando para ello un equipo de ultrasonografía Aloka® modelo SSD-500 con un transductor lineal de 3.5 MHz y 96 mm de longitud (19, 20).

Al final de la prueba de comportamiento los cerdos se sacrificaron en un rastro Tipo Inspección Federal en donde se realizaron mediciones directas en la canal tomando como variables de respuesta: peso del animal dietado por 8 horas antes del traslado (257 km) y antes del sacrificio; el ayuno total no fue superior a las 17 horas. Se obtuvieron los pesos de la canal caliente y fría (20 h a 4°C), con y sin cabeza; el largo de la canal medido por la distancia entre el borde anterior de la sínfisis púbica y el borde posterior de la primera costilla; la profundidad, sobre la línea media y en P_2 , de la capa dorsal de grasa en cuatro puntos: primera costilla, décima y última costillas, última vértebra lumbar, el área del ojo de la chuleta se midió entre la décima y onceava costillas, usando una gradilla transparente graduada en cm (21, 22).

Al despiece de las canales se registró el peso del jamón deshuesado y desengrasado y se calificó el color de la masa muscular de la pierna, por un panel de tres observadores independientes, asignando valores del uno al cuatro (21) según el siguiente criterio: 1 = Pálida, suave y exudativa (PSE); 2 = rosada,

suave y exudativa (RSE); 3 rosada, firme no exudativa (RFNE); y 4 = roja, seca y firme (RSF).

Para el análisis estadístico se utilizó un diseño completamente al azar con un mínimo de 18 repeticiones por tratamiento; el peso inicial se usó como covariable. El análisis estadístico se facilitó por el uso de los Modelos Lineales Generales del paquete estadístico SAS (16); las comparaciones planeadas consideraron los efectos mayores de la dieta, sexo, la interacción sexo tratamiento; la comparación de la dieta baja en energía (EM Libre) o de la dieta formulada a PC y lisina total (AAT) vs el resto de los tratamientos con pasta de canola (CAN 50% y CAN 100%) y los contrastes ortogonales de los efectos lineal y cuadrático (por el nivel de pasta de canola en las dietas).

RESULTADOS

El perfil de aminoácidos de la pasta de canola se presenta en el Cuadro 11. y las ecuaciones de predicción y el contenido de aminoácidos, en el Cuadro 12. La muestra usada en el experimento es similar al promedio de composición en el país y esta, a su vez, es similar a la del promedio de la información recopilada; de hecho, no se encontraron diferencias ($P>0.25$) por el origen de la información. El componente lineal fue el que mejor predijo el contenido de cada uno de los aminoácidos y, a excepción de cistina ($P>0.06$), todas las ecuaciones fueron significativas

Los efectos de la completa sustitución de la pasta de soya por pasta de canola,

así como su posible interacción con el empastillado y la adición de saborizante, sobre el comportamiento productivo de los cerdos en finalización (Exp. 1) se presentan en el Cuadro 13. No se encontraron efectos ($P>0.05$) por la completa sustitución de soya por canola en ninguna de las variables consideradas. Ni el empastillado (CAH, CAP), ni la adición o no de saborizante (CAH, CAHS) o sus combinaciones (CAH, CAP, CAHS, CAPS) manifestaron alguna diferencia ($P>0.05$). Los efectos de sexo fueron los esperados e irrelevantes para los objetivos de este estudio, no se presentan por el error de restricción asociado al proceso de aleatorización (*i.e.*, se incluyeron en el modelo como bloques para remover la variación asociada).

Los resultados del comportamiento productivo de los cerdos en el Exp. 2, se resumen en el Cuadro 14. Cuando las dietas se formularon a un mismo contenido de energía metabolizable y aminoácidos digestibles, como en el Exp. 1, tampoco se observó ningún efecto de la sustitución (total o parcial) de la pasta de soya por la de canola ($P>0.05$). Los animales que recibieron la dieta con pasta de canola formulada a proteína cruda y aminoácidos totales (AAT) disminuyeron ligeramente ($P<0.13$) su ingesta, quizá por los niveles de lisina digestible en la dieta (6.36 vs 6.50 g/kg de alimento), aún cuando para alcanzar los niveles planteados de éste aminoácido se tuvo que recurrir al uso de lisina cristalina. Esto subraya el carácter limitante de la pasta de canola en este aminoácido, que se agudiza si se consideran los consumos de otros aminoácidos y al atender al aporte en base digestible. El natural imbalance en la complementación del grano de sorgo se

acrecienta cuando se corrige lisina pero se desdeñan otros aminoácidos.

Cuando la densidad energética no se corrigió por el uso de la pasta de canola (EM Libre), el consumo voluntario de alimento se incrementó ($P < 0.05$) en un 6% o más al comparar la respuesta con aquella de los cerdos alimentados con las dietas más densas en energía: los animales efectivamente pudieron incrementar su ingesta para satisfacer sus demandas de EM.

Ya que se lograron similares ganancias de peso en todos los tratamientos ($P > 0.10$), la eficiencia alimenticia se empeoró por efecto de la dieta con pasta de canola, en la que no se corrigió la dilución de EM Libre.

El estudio de las canales mostró similares rendimientos de cortes magros y primarios ($P > 0.19$, Cuadro 15). Los efectos de sexo fueron los esperados, en general, los machos castrados tuvieron una mayor ($P < 0.05$) profundidad de grasa dorsal (2.8 vs 2.4), pero el área del ojo de la chuleta fue similar. El rendimiento de cortes primarios y magro libre de grasa fueron muy similares entre tratamientos y con ambos sexos y no se encontró ninguna interacción con los tratamientos ($P > 0.05$). El estudio del color de la carne (facilitado por el empleo de un análisis de frecuencias), no mostró diferencias ($P > 0.05$); en la mayoría de los casos la carne se clasificó dentro de los valores 2 y 3

DISCUSIÓN

Los resultados de estos experimentos concluyentemente muestran que la pasta de canola, como único suplemento proteico para cerdos con un peso superior a los 50 kg, no deprime el consumo voluntario de alimento y, por lo tanto, no afecta

la respuesta productiva de los animales. Esta aseveración contrasta con los hallazgos de Baldoo *et al.* (23), quienes demostraron una reducción en la productividad de los cerdos en la medida en que incrementaron los niveles de pasta de canola; la respuesta de los animales se asoció a fallas en el consumo de alimento. Sin embargo, debe notarse que estas observaciones se realizaron con animales más ligeros, además de que en el cálculo de las dietas no consideraron la diferencia en digestibilidad inducida por la sustitución de la pasta de soya.

Los aminoácidos de la pasta de canola son menos digestibles que en la pasta de soya (13, 14, 15), por lo que, si no se considera la digestibilidad al reemplazar la pasta de soya por la de canola, se puede incurrir en deficiencias, particularmente de lisina. Si la sustitución se hiciera con base en el aporte de aminoácidos totales, típicamente lisina, lo más común en los trabajos revisados (23, 24, 25), se incurre en deficiencias de los segundos y terceros aminoácidos limitantes (en particular treonina), por lo tanto, la sola adición de lisina para corregir la deficiencia puede provocar imbalances que reducen la ganancia de peso aún cuando no altere el consumo de alimento (Exp. 2)(26).

Al formular con canola para satisfacer la demanda de lisina digestible, cuidando su relación con otros amino ácidos esenciales (y permitiendo el uso de fuentes cristalinas), además de proveer suficiente nitrógeno total, permite alcanzar un mejor balance, por lo que, aún cuando la pasta de canola sustituya totalmente a la de soya, si se hace con base en el aporte de amino ácidos digestibles, la respuesta productiva de los cerdos en finalización no se alterará

significativamente. Entonces, el mayor riesgo, al formular con canola es que, por alcanzar los niveles de lisina, se excedan las concentraciones de nitrógeno. Si se reduce la relación lisina (total) a PC, se podrá afectar el consumo y disminuir la ganancia de peso (27). En estos experimentos, particularmente en el Exp. 2, se cuidó la relación lisina a PC, razón por la que en la dieta del tratamiento AAT se tuvo que recurrir al uso de lisina cristalina para llegar al nivel de lisina total. Por lo anterior, es necesaria una nota de precaución ya que es factible que al permitir incrementos en la proteína, para llegar a la concentración deseada de lisina total, no se cubran las demandas de lisina digestible, o bien que se llegue a provocar excesos de otros amino ácidos y nitrógeno, que impidan la mejor respuesta animal.

Cuando se descuida la densidad energética en la formulación de raciones las consecuencias son mucho más severas que por fallas en el aporte de amino ácidos, porque los cerdos empeoran la conversión alimenticia, o bien, si no incrementan el consumo para llegar al nivel de energía total que alcanzarían con una dieta más densa en EM, reducirían la ganancia de peso hasta el límite impuesto por la disponibilidad de la energía (6). Recientemente (28) se usó pasta de canola como única fuente de proteína suplementaria en dietas basadas en maíz para cerdos desde los 30 kg de peso. Estas dietas se formularon para cubrir la demanda de lisina digestible y los resultados durante el crecimiento bien ilustran algunos de los puntos discutidos: aún cuando se mantuvo una relación lisina a energía de 3.0 (g/Mcal de EM) en todas las dietas, los cerdos recibiendo

canola consumieron menos energía, en especial a menor peso corporal, y tuvieron menores ganancias acumuladas de peso. Al observar la respuesta en el tiempo, los cerdos pudieron compensar (con el consumo) la dilución de la energía dietaria (2.95 vs 3.28 Mcal de EM/kg) hasta después de los 70 kg de peso corporal, fue entonces cuando se recuperó la ganancia diaria de peso.

Canola diluye la energía y podría argumentarse que los relativamente altos contenidos de fibra en la pasta (6, 8, 23) pueden prevenir el consumo compensatorio de alimento cuando no se corrigen los niveles de EM, pero no fue el caso con cerdos en finalización (Exp. 2)(28). Además del posible impedimento físico en el consumo por la fibra, debe aceptarse que durante la engorda el crecimiento es una función energía-dependiente (6, 29), razón por la cual la densidad energética de las dietas con canola se convierte en una preocupación mayor.

Considerando una EB igual a 4.47 ± 0.05 Mcal/kg (23) y que la fracción de energía de la pasta de canola será digerida cuando menos en un 70%, con una metabolización cercana al 95% (8, 24, 25), los niveles de EM serán siempre menores a las 3 Mcal/kg; el NRC en 1998 (6) publicó un valor de EM igual a 2.64 Mcal/kg. Como sea, al combinar la pasta de canola con cualquiera de los granos de cereales comunes en dietas para cerdos, la EM de las raciones difícilmente rebasará las 3.10 Mcal de EM/kg, a no ser que se adicione grasa.

Lo anterior es relevante porque aún en las mejores condiciones, los cerdos menores a los 50 kg de peso corporal difícilmente alcanzarán su máximo

consumo de EM, si las dietas contienen menos de 3.2 Mcal de EM/kg; con cerdos en el rango de peso de las observaciones en estos experimentos, el límite quizá sea cercano a las 3.1 Mcal de EM/kg (28, 29). Por lo tanto, es factible que en el campo se observen fallas en la producción de los cerdos si, en el cálculo de las dietas conteniendo pasta de canola, no se pone atención al contenido de EM. El caso se agravará si además se incurre en deficiencias o imbalances de aminoácidos, porque los excesos de nitrógeno empeorarán la eficiencia de utilización de la energía (18, 26, 27).

CONCLUSIONES

En dietas para cerdos en finalización, la pasta de canola efectivamente puede sustituir a la pasta de soya, como único suplemento proteico del sorgo, siempre que la formulación de las dietas se haga al perfil de aminoácidos digestibles, se eviten excesos de nitrógeno y se mantenga la concentración de EM.

Para controlar la variación en el aporte de aminoácidos, las ecuaciones de predicción son una buena alternativa.

La pasta de canola no provoca aversión de los cerdos al alimento.

ABSTRACT

CANOLA MEAL AS A PROTEIN SUPPLEMENT IN DIETS FOR FINISHING PIGS: Two experiments were conducted to evaluate the substitution of Soybean meal for Canola meal in diets for finishing pigs. In Exp. 1, 28 pigs individually housed (initial weight, 63 ± 9.1 kg) were used. Canola meal was as such or pre-pelleted and the addition of a flavoring agent was tested. Treatments were: 1) A fortified sorghum-soybean meal diet; 2) Canola meal; 3) Canola meal plus flavoring agent; 4) Pre-pelleted canola meal; 5) As 4, flavoring agent added. Diets were similar in nutrient profile. In Exp. 2, 93 pigs (average initial weight, 51 ± 5 kg) were used. Individually housed pigs, were randomly allotted to five treatments: 1) A sorghum-soybean meal diet; 2) A 50% substitution of the soy protein by canola; 3) As 2, but 100% substitution; 4) As 3, but feed formulation to total amino acids; 5) As 3, but ME was not corrected. No differences ($P>0.10$) were found in Exp. 1, thus canola meal could totally replace soy protein in diets for finishing pigs, provided that diets are formulated to digestible amino acids. In Exp. 2, dietary energy dilution by canola (treatment 5), resulted in greater ($P<0.05$) feed intake (3.18 vs 2.95 kg/day). Because average of daily gain was similar ($P>0.10$), gain/feed was deteriorated ($P<0.05$) by the lower energy canola diet (0.27 vs 0.29). Backfat was similar ($P>0.64$), carcass primal and lean cuts were unaltered ($P>0.19$). It is concluded that canola meal can totally replace soybean meal, if feed formulation is to satisfy digestible amino acids and ME of the diet is maintained.

Key words: Canola meal, Finishing pigs, Digestible amino acids.

BIBLIOGRAFIA

1. Leskanich CO, Mathews KR, Warkup CC, Noble RC, Hazzledine M. The effect of dietary oil containing (n-3) fatty acids on the fatty acid, physicochemical and organoleptic characteristics of pig meat. *J Anim Sci* 1997; 75:673-317.
2. Bell JM. Nutrients and toxicants rapeseed meal: a review. *J Anim Sci* 1984; 58:996-1010.
3. Bell JM. Factors affecting the nutritional value of canola meal: a review. *Can J Anim Sci* 1993; 73:679-697.
4. Thacker PA. Canola meal. In: Thacker PA, Kirkwood RN editors. *Non traditional feed source for use in swine production*. Stoneham, MA, Butterworths; 1990: 69-78.
5. Castell AG, Cliplef RL. Evaluation of pea screenings and canola meal as a supplementary protein source in barley-based diets fed to growing-finishing pigs. *Can J Anim Sci* 1993; 73:129-139.
6. NRC. National Research Council. *Nutrient requirements of swine*. 10th ed. Washington, DC, USA: National Academy Press; 1998.
7. Hertzmann CL, Goransson H, Ruderush. Influence of fish meal, rapeseed and rapeseed meal in the feed on the fatty acid composition and storage stability of porcine adipose tissue. *Meat Science* 1988; 23(37):53.
8. Bell JM, Keith MO, Hutcheson DS. Nutritional evaluation of very low glucosinolate canola meal. *Can J Anim Sci* 1991; 71:497-506.
9. Hickling D. *Pasta de canola, guía de la industria alimenticia*. Consejo de canola

- de Canadá y Aceites grasas y derivados SA de CV. 1998.
10. Pethick DW, Warner RD, D'Souza DN, Dunshea FR. Nutritional manipulation of meat quality. In: Cranwell PD, Australasian Pig Science Association editors. Manipulating Pig Production VI. Werribee, Australia; 1997:91-99.
 11. Tejada de Hernández I. Manual de laboratorio para el análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal. Tercera reimpresión, México, México: Sistema de educación continua en producción animal, AC.; 1992.
 12. Mariscal G, Ávila E, Tejada I, Cuarón J, Vásquez C. Contenido de aminoácidos totales y digestibles verdaderos para cerdos. 1er ed. Querétaro, México: CNIFyMA, INIFAP; 1998.
 13. Southern LL. Digestible amino acids and digestible amino acid requirements for swine. Biokyowa Technical Review-2. Chesterfield, MO, USA: Nutri-Quest, Inc.; 1991.
 14. Degussa AG. AminoDat 1.0. Frankfurt, Alemania: Degussa AG. 1996.
 15. AmiPig. Ileal standardized amino acid digestibility in feedstuffs for pigs. CD-ROM data base. Association Française de Zootechnie, Ajinomoto-Eurolysine, Aventis Animal Nutrition, Institut National de la Recherche Agronomique-UMRVP, Institut Technique des Céréales et des Fourrages. 2000.
 16. SAS. SAS/STAT User's Guide (Release 6.12). Cary NC, USA: SAS Inst. Inc. 1996.
 17. Baker DH. Ideal amino acid profiles for swine and poultry and their applications in feed formulation. Biokyowa Technical Review-9. Chesterfield,

- MO, USA: Nutri-Quest, Inc.; 1997.
18. Cuarón JA. Proteína y aminoácidos para cerdos en crecimiento y acabado. En: Watt Publishing Co editores. El Foro-99. Miami. Florida. 1999: 119-127.
 19. Mejía GC, Montaña BM, Velásquez MA, Cuarón IJA. Estimación in vivo del rendimiento de las canales porcinas mediante ultrasonografía. *Téc Pecu Méx* 1999; 37(2):31-38.
 20. Cisneros F, Ellis M, Miller KD, Novakofski J, Wilson ER, McKeith FK. Comparison of transverse and longitudinal real-time ultrasound scans for prediction of lean cut yields and fat-free lean content in live pigs. *J Anim Sci* 1996; 74:2566-2576.
 21. NPPC. National Pork Producers Council. Procedures to evaluate Marketing Hogs. 2a ed. Illinois, USA: National Pork Producers Council; 1988:19.
 22. Norma mexicana para evaluación de la carne de cerdo en canal. NMX-FF-81-1993-SCFI. Diario Oficial de la Federación. 1993: Tomo CDLXXVII No. 7.
 23. Baldoo SK, Mitaru BN, Aherne FX, Blair R. The nutritive value of canola meal for early-weaned pigs. *Anim Feed Sci Technol* 1987; 18:45-53.
 24. Bell JM, Keith MO. Factors affecting the digestibility by pigs of energy and protein in wheat, barley and sorghum diets supplemented with canola meal. *Anim Feed Sci Technol* 1989; 24:253-265.
 25. Bell JM, Keith MO. A survey of variation in the chemical composition of commercial canola meal produced in western Canadian crushing plants. *Can J Anim Sci* 1991; 71:469-480.

26. Edmons MS, Gonyou WH, Baker HD. Effect of excess levels of methionine, tryptophan, arginine, lysine or threonine on growth and dietary choice in the pig, *J Anim Sci* 1987; 65:179.
27. Castañeda SEO, Cuarón IJA. Lysine to Protein ratios in growing-finishing pigs [resumen]. *J Anim Sci* 2001; 79(Suppl. 1):321.
28. Shelton JL, Hermann MD, Strode RM, Brashear GL, Ellis M, McKeith FK, Bidner TD, Southern LL. Effect of different protein sources on growth and carcass traits in growing-finishing pigs. *J Anim Sci* 2001; 79:2428-2435.
29. Rojo GA, Balderas OMB, Cuarón IJA. Capacidad de consumo para compensar bajas densidades energéticas en la dieta de cerdos en finalización. Memorias del X Congreso de la Asociación mexicana de especialistas en nutrición animal (AMENA, AC). Puerto Vallarta, Jal. [en prensa] 2001.

CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 9; Composición de las dietas experimentales (Exp. 1).

	Soya	Canola Pasta ^a	
		Sin saborizante	Con saborizante
Sorgo	80.380	71.392	70.823
Pasta de Soya	15.540		
Pasta de Canola*		22.27	22.760
Sebo	1.420	3.720	3.800
L-Lisina	0.130	0.202	0.201
L-Treonina	0.043	0.034	0.034
DL-Metionina	0.007	---	---
VIMIFOS21	0.920	1.022	1.022
Carbonato de Ca	0.750	0.550	0.550
Sal, NaCl-I	0.360	0.360	0.360
Vitaminas, UC-10 ^b	0.100	0.100	0.100
Minerales, UC-35 ^b	0.350	0.350	0.350
<u>Análisis Calculado</u>			
EM Mcal/kg	3,220	3,220	3,220
Proteína Cruda %	14.200	14.190	14.190
Lisina Dig. %	0.650	0.650	0.650
Metionina Dig. %	0.206	0.246	0.246
Treonina Dig. %	0.460	0.455	0.455
Triptofano Dig. %	0.147	0.130	0.130

^a Producción nacional, Harina Empastillada

^b Aportes por kg de premezcla: I 0.11g, Mn 7.7g, Zn 20g, Se 0.06g, Cu 52g, Fe 20g, Pantotenato de Ca 2.98g, B1 0.2g, B6 0.4g, B2 0.8g, Ac Fólico 0.12g, nicotinamida 5g, biotina 16mg, B12 4mg, K3 0.4g, E 6,000 UI, D3 300,000 UI y A 1,600,000 UI. (NRC, 1998)

^c Digestibilidad ileal verdadera

Cuadro 10; Composición de las dietas experimentales (Exp. 2)

	Tratamientos ^a				
	SOY	CAN 50 %	CAN 100 %	AAT	EM Libre
Ingredientes %					
Sorgo, grano molido	81.988	74.977	71.260	71.585	75.091
Soya, pasta	11.740	5.870	--	--	--
SOA, harina ^b	3.390	--	--	--	--
Canola pasta ^c	--	13.980	22.580	22.520	21.630
Sebo	0.570	2.460	3.380	3.330	0.570
L-lisina HCL kg/ton	0.233	0.208	0.230	0.185	0.239
L-Treonona kg/ton	0.074	0.035	0.170	--	0.020
DL-Metionina	0.005	--	--	--	--
Fosfato mono-di cálcico	0.290	1.010	1.010	1.010	0.980
Carbonato de Ca.	0.900	0.650	0.560	0.560	0.660
Sal, NaCl	0.360	0.360	0.360	0.360	0.360
Vitaminas UC-10 ^d	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
Minerales UC-35 ^d	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350
Análisis Calculado					
EM Mcal/kg	3.200	3.200	3.200	3.200	3.070
Proteína Cruda %	14.500	14.500	14.500	14.440	14.500
Lisina Total %	0.766	0.787	0.800	0.766	0.798
Lisina digestible %	0.650	0.650	0.650	0.636	0.650
Metionina digestible %	0.195	0.229	0.249	0.249	0.248
Treonina digestible %	0.455	0.455	0.455	0.438	0.455
Triptofano digestible %	0.125	0.132	0.129	0.129	0.128

^a SOY = dieta sorgo-soya; CAN 50 %= sustitución del 50% de soya por canola; Can 100%= dieta sorgo-canola; AAT= dieta sorgo-canola sin corregir aminoácidos; EM Libre= dieta sorgo-canola sin corregir energía metabolizable.

^b Harina de subproductos de origen animal

^c Producción nacional

^d Aportes por kg de premezcla: I 0.11g, Mn 7.7g, Zn 20g, Se 0.06g, Cu 52g, Fe 20g, Pantotenato de Ca 2.98g, B1 0.2g, B6 0.4g, B2 0.8g, Ac Fólico 0.12g, nicotinamida 5g, biotina 16mg, B12 4mg, K3 0.4g, E 6,000 UI, D3 300,000 UI y A 1,600,000 UI. (NRC, 1998)

^e Digestibilidad ileal verdadera

Cuadro 11. Medidas de tendencia central y puntos de dispersión de 171 aminogramas de pasta de canola ^{a,b}

	Aminoácidos													
	<i>PC</i>	<i>Lys</i>	<i>Thr</i>	<i>Trp</i>	<i>Met</i>	<i>Cys</i>	<i>TAA</i> ^c	<i>Ile</i>	<i>Val</i>	<i>Arg</i>	<i>His</i>	<i>Phe</i>	<i>Leu</i>	<i>Gly</i>
Media	36.26	1.96	1.51	0.46	0.72	0.92	1.64	1.38	1.82	2.18	0.97	1.46	2.52	1.79
Desv. Est.	0.96	0.09	0.06	0.04	0.03	0.06	0.08	0.06	0.09	0.10	0.03	0.06	0.08	0.08
Mínimos	34.00	1.78	1.40	0.35	0.66	0.80	1.49	1.25	1.65	1.96	0.90	1.34	2.36	1.66
Máximos	38.65	2.18	1.64	0.55	0.78	1.10	1.82	1.51	2.02	2.38	1.04	1.58	2.75	2.23
Como % PC		5.41	4.18	1.26	2.00	2.53	4.53	3.81	5.02	6.01	2.68	4.02	6.97	4.96
Como % Lys			77.2	23.3	36.9	46.8	46.8	70.3	92.7	111.0	49.4	74.2	128.8	91.5

^a No existe efecto ($P > 0.05$) asociado al origen de la pasta de canola (muestras mexicanas, canadienses o estadounidenses).

^b Los datos se ajustaron al 90% de materia seca

^c Total de aminoácidos azufrados (Met+Cys).

Cuadro 12. Ecuaciones de predicción, aminoácidos totales en pasta de canola, en función del contenido de proteína cruda (n = 171)

	Intercepto	B1	R ²	P <
Lisina	-1.2017	0.0872	0.65	0.0002
Metionina	0.0970	0.0172	0.42	0.0002
Met + Cys	0.5994	0.0283	0.23	0.0003
Cistina	0.5024	0.0111	0.07	0.0600
Arginina	-0.5369	0.0745	0.57	0.0002
Treonina	-0.0131	0.0423	0.48	0.0002
Triptofano	-0.4853	0.0262	0.45	0.0002
Histidina	-0.0309	0.0275	0.50	0.0030
Isoleucina	-0.1410	0.0418	0.36	0.0040
Leucina	0.4247	0.0578	0.46	0.0002
Fenilalanina	-0.0255	0.0408	0.40	0.0002
Valina	-0.2252	0.0563	0.34	0.0030
Glicina	0.0256	0.0484	0.59	0.0002

Cuadro 13. Comportamiento productivo de cerdos en finalización: sustitución de pasta de soya por pasta de canola (Exp. 1)^a

	Tratamientos ^b					
	SOY	CAH	CAHS	CAP	CAPS	EEM ^c
Peso inicial kg	65.700	66.200	60.860	62.950	58.580	4.090
Consumo, kg/día	2.950	3.200	2.900	2.860	2.900	0.140
Ganancia de peso kg/día	0.810	0.960	0.940	0.840	0.949	0.060
Ganancia/consumo, kg	0.280	0.302	0.313	0.295	0.314	0.010

^a P>0.05. Medidas de mínimos cuadrados.

^b SOY= dieta sorgo-soya; CAH= dieta sorgo-canola en harina; CAHS= como CAH + saborizante; CAP = dieta sorgo-canola empastillada; CAPS= como CAP + saborizante.

^c Error estándar de la media

Cuadro 14. Comportamiento productivo de cerdos en finalización: respuesta a la forma de sustitución de la pasta de soya por pasta de canola (exp. 2)^a

	Tratamientos ^b					
	SOY	CAN 50%	CAN 100%	AAT	EM Libre	EEM ^c
Peso inicial, kg	51.100	51.500	52.200	50.800	50.800	1.440
Consumo, kg/día ^v	2.990	3.000	2.960	2.870	3.180	0.070
Consumo EM, Mcal/día ^w	9.570	9.600	9.470	9.180	9.780	0.079
Consumo Lys digestible g/día ^x	19.440	19.500	19.240	18.250	20.670	0.047
Ganancia de peso kg/día ^y	0.870	0.900	0.820	0.800	0.860	0.039
Ganancia/consumo kg ^z	0.291	0.300	0.278	0.277	0.271 ^g	0.003

^a Medidas de mínimos cuadrados

^b SOY = dieta sorgo-soya; CAN 50 %= sustitución del 50% de soya por canola; Can 100%= dieta sorgo-canola; AAT= dieta sorgo-canola sin corregir aminoácidos; EM Libre= dieta sorgo-canola sin corregir energía metabolizable

^c Error estándar de la media

^v P<0.001, EM Libre, machos (3.190) y hembras (2.810) son diferentes (P<0.05)

^w P>0.05 (machos (10.13) y hembras (8.92) son diferentes (P<0.05).

^x P<0.001, AAT y EM. Machos (20.65) y hembras (18.18) son diferentes (P<0.05).

^y P<0.05, Machos (0.822) y hembras (0.817) son diferentes (P<0.05).

^z P<0.05, EM libre. Machos (0.292) y hembras (0.274) son diferentes (P<0.05).

Cuadro 15; Características de la canal de los cerdos por efecto de la pasta de canola en la dieta (Exp. 2) ^a

	Tratamientos ^b					
	SOY	CAN 50%	CAN 100%	AAT	EM Libre	EEM ^c
Peso canal caliente, Kg	83.56	85.69	81.46	79.23	83.43	1.70
Cortes primarios, kg	45.9	45.58	44.43	45.52	46.34	0.88
Magro libre de grasa, kg	45.07	45.13	45.20	45.78	41.90	1.28
Músculo desengrasado de la pierna, kg	5.31	5.08	4.86	5.12	5.01	0.22
Profundidad de grasa dorsal cm ^d	2.51	2.63	2.64	2.53	2.72	0.11
Área de la chuleta, cm ²	38.10	37.00	36.90	36.80	36.40	0.84
Color	2.80	2.40	2.60	2.50	2.10	0.17

^a (P>0.05)

^b SOY = dieta sorgo-soya; CAN 50 %= sustitución del 50% de soya por canola; Can 100%= dieta sorgo-canola; AAT= dieta sorgo-canola sin corregir aminoácidos; EM Libre= dieta sorgo-canola sin corregir energía metabolizable

^c Error estándar de la media c

^d Machos (2.83) y hembras (2.41) son diferentes (P<0.05).

CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 1. Composición de las dietas experimentales. Experimento 1, cerdos de 30 kg de peso

Ingrediente	Tratamientos ^a				
	1	2	3	4	5
Sorgo, grano 8.8 %	384.6	445.3	488.4	539.4	578.4
Soya, pasta 47.5 %	124.2	128.8	134.0	160.8	185.8
Canola, pasta 36 %	124.0	124.0	124.0	90.0	61.4
Cebada, grano 11%	250.0	189.0	136.6	100.0	60.0
Sebo	10.0	24.0	40.0	52.0	66.0
Melasa	80.0	62.0	50.0	30.0	20.0
HCL-Lisina	2.58	2.44	2.38	2.18	1.97
L-Treonina	0.69	0.65	0.62	0.58	0.54
DL-Metionina	0.12	0.09	0.07	0.19	0.34
Ortofosfato 18/21	9.60	9.70	9.90	10.70	11.40
Calcio Carbonato	8.70	8.40	8.40	8.60	8.60
Sal-NaCl	3.60	3.60	3.60	3.60	3.60
Vit. y Min. ^b	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
Colina	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Tylan Fosfato	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
<i>Análisis Calculado</i>					
<i>EM, Mcal/kg.</i>	<i>3.0</i>	<i>3.1</i>	<i>3.2</i>	<i>3.3</i>	<i>3.4</i>
Prot. Cruda %	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0
Ca %	0.71	0.69	0.68	0.67	0.68
P %	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
P Disponible %	0.26	0.26	0.27	0.28	0.29
EM:lis Relación Mcal/g.	0.33	0.32	0.31	0.30	0.29
Lis:Prot Relación %	5.80	5.80	5.80	5.80	5.70
Lis. Total %	0.99	0.99	0.99	0.98	0.97
Lis. Digestible % ^c	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
Met. Digestible % ^c	0.25	0.25	0.25	0.26	0.27
Met+Cist Digestible % ^c	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
Thr. Digestible % ^c	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57
Trp. Digestible % ^c	0.17	0.17	0.17	0.17	0.18

^a Diferentes niveles de energía metabolizable en la dieta

^b Aportes por kg de premezcla: I 0.11 mg, Mn 7.7 g, Zn 20 g, Se 0.06 g, Cu 52 g, Fe 20 g, Pantotenato de calcio 2.98 g, B1 0.2 g, B6 0.4 g, B2 0.8 g, ácido fólico 0.12 g, nicotinamida 5 g, biotina 16 mg, B12 4 mg, K3 0.4 g, E 6,000 UI, D3 300,000 UI y A 1,600,000 UI (niveles adecuados de acuerdo al NRC, 1998)

^c Digestibilidad ileal verdadera

Cuadro 2. Dieta del periodo de seguimiento. Experimento 1, animales de 30 kg

Ingrediente	kg
Sorgo, grano 8.8 %	683.0
Soya, pasta 47.5 %	53.8
Canola, pasta 36 %	170.0
Sebo	36.0
Melasa	32.0
HCL-Lisina	2.63
L-Treonina	0.83
Ortofosfato 18/21	6.34
Calcio Carbonato	6.60
Sal-NaCl	3.60
Minerales UC-35 ^a	3.50
Vitaminas UC-10 ^a	2.00
Tylan Fosfato	0.20
<i>Análisis calculado</i>	
EM, Mcal/kg.	3.23
Prot. Cruda %	14.7
Ca %	0.55
P %	0.50
P Disponible %	0.19
EM:lis Relación Mcal/g.	0.26
Lis:Prot Relación %	5.80
Lis. Total %	0.85
Lis. Digestible % ^b	0.72
Met. Digestible % ^b	0.23
Met+Cist % Digestible	0.56
Thr. Digestible % ^b	0.50
Trp. Digestible % ^b	0.13

^aAportes por kg de premezcla: I 0.11 mg, Mn 7.7 g, Zn 20 g, Se 0.06 g, Cu 52 g, Fe 20 g, Pantotenato de calcio 2.98 g, B1 0.2 g, B6 0.4 g, B2 0.8 g, ácido fólico 0.12 g, nicotinamida 5 g, biotina 16 mg, B12 4 mg, K3 0.4 g, E 6,000 UI, D3 300,000 UI y A 1,600,000 UI (niveles adecuados de acuerdo al NRC, 1998)

^bDigestibilidad ileal verdadera

Cuadro 3. Composición de las dietas experimentales. Experimento 2, cerdos de 50 kg de peso

Ingrediente	Tratamientos ^a				
	1	2	3	4	5
Sorgo, grano 8.8 %	556.4	573.4	629.2	649.4	655.3
Soya, pasta 47.5 %	51.0	79.0	83.8	112.0	122.0
Canola, pasta 36 %	156.0	122.0	110.0	78.0	68.0
Cebada, grano 11%	130.0	110.0	101.0	70.0	60.0
Sebo	2.0	13.8	22.0	34.0	48.0
Melasa	80.0	77.0	28.0	30.0	20.0
HCL-Lisina	2.98	2.94	2.95	2.68	2.56
L-Treonina	1.00	0.95	0.92	0.89	0.86
DL-Metionina	----	0.02	----	0.07	0.12
Ortofosfato 18/21	7.80	8.50	8.50	9.40	9.60
Calcio-Carbonato	7.00	6.90	8.10	8.10	8.10
Sal-NaCl	3.60	3.60	3.60	3.60	3.60
Vit. y Min. ^b	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
Colina HCL 60 %	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Tylan Fosfato	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Triptosine 70/15	0.30	----	----	----	----
<i>Análisis Calculado</i>					
EM, Mcal/kg.	3.00	3.08	3.16	3.24	3.32
Prot. Cruda %	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
Ca %	0.60	0.60	0.60	0.61	0.60
P %	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
P Disponible %	0.23	0.24	0.24	0.25	0.26
EM:lis Relación Mcal/g.	0.29	0.28	0.27	0.27	0.26
Lis:Prot Relación %	5.80	5.80	5.80	5.70	5.70
Lis. Total %	0.88	0.87	0.87	0.86	0.86
Lis. Digestible % ^c	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Met. Digestible % ^c	0.23	0.22	0.22	0.23	0.23
Met+Cist. Digestible % ^c	0.56	0.54	0.54	0.53	0.53
Thr. Digestible % ^c	0.53	0.52	0.52	0.52	0.52
Trp. Digestible % ^c	0.14	0.14	0.14	0.15	0.15

^a Diferentes niveles de energía metabolizable en la dieta

^b Aportes por kg de premezcla: I 0.11 mg, Mn 7.7 g, Zn 20 g, Se 0.06 g, Cu 52 g, Fe 20 g, pantotenato de calcio 2.98 g, B1 0.2 g, B6 0.4 g, B2 0.8 g, ácido fólico 0.12 g, nicotinamida 5 g, biotina 16 mg, B12 4 mg, K3 0.4 g, E 6,000 UI, D3 300,000 UI y A 1,600,000 UI (niveles adecuados de acuerdo al NRC, 1998)

^c Digestibilidad ileal verdadera

Cuadro 4. Composición de las dietas experimentales. Experimento 3, cerdos de 80 kg de peso.

Ingrediente	Tratamientos ^a				
	1	2	3	4	5
Sorgo, grano 8.8 %	663.3	649.2	642.8	672.8	702.9
Soya, pasta 47.5 %	68.0	80.0	77.6	95.0	112.0
Canola, pasta 36 %	146.0	136.2	142.0	114.2	87.0
Sebo	2.0	16.8	32.0	40.0	48.0
Melaza	80.0	80.0	70.0	45.0	20.0
Ortofosfato 18/21	15.0	13.8	12.8	11.4	9.4
Calcio Carbonato	12.0	10.6	9.4	8.3	7.4
Sal-NaCl	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Minerales, UC-35 ^b	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
HCL-Lisina	3.1	2.9	2.9	2.8	2.7
Vitaminas, UC-10 ^b	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
L-Treonina	0.96	0.92	0.91	0.88	0.86
Tylan Fosfato	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
DL-Metionina	----	----	----	0.01	0.12
<i>Análisis Calculado</i>					
<i>EM, Mcal/kg.</i>	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3
Prot. Cruda %	14.9	15.0	15.0	15.0	15.0
Ca %	0.95	0.87	0.8	0.70	0.60
P %	0.69	0.66	0.64	0.60	0.55
P Disponible %	0.35	0.33	0.31	0.29	0.25
EM:lis Relación Mcal/g.	0.30	0.29	0.28	0.27	0.26
Lis:Prot Relación %	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
Lis. Total %	0.87	0.87	0.87	0.87	0.86
Lis. Digestible % ^c	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Met. Digestible % ^c	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
Met+Cist Digestible % ^c	0.55	0.54	0.55	0.54	0.54
Thr. Digestible % ^c	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52
Trp. Digestible % ^c	0.14	0.14	0.14	0.15	0.15

^a Diferentes niveles de energía metabolizable en la dieta

^b Aportes por kg de premezcla: I 0.11 mg, Mn 7.7 g, Zn 20 g, Se 0.06 g, Cu 52 g, Fe 20 g, pantotenato de calcio 2.98 g, B1 0.2 g, B6 0.4 g, B2 0.8 g, ácido fólico 0.12 g, nicotinamida 5 g, biotina 16 mg, B12 4 mg, K3 0.4 g, E 6,000 UI, D3 300,000 UI y A 1,600,000 UI (niveles adecuados de acuerdo al NRC, 1998)

^c Digestibilidad ileal verdadera

Cuadro 5. Comportamiento productivo de cerdos alimentados con diferentes niveles de energía metabolizable en la dieta. Experimento 1: cerdos de 30 kg de peso, periodo experimental^v

	Nivel de EM en la dieta					<i>EEM</i> ^w	P <
	3.000	3.100	3.200	3.300	3.400		
P0 kg	31.3	31.6	30.7	32.1	31.2	1.74	NS
MLGI kg	13.8	13.9	13.6	14.1	13.8	0.49	NS
CDA g/día ^x	2.27	2.28	2.14	2.42	2.29	0.113	NS
CDLys D g/día ^x	19.3	19.4	18.2	20.6	19.5	0.96	NS
CEM Mcal/día ^{**}	6.82	7.08	6.86	7.98	7.80	0.359	0.08
GDP g/día	0.68	0.68	0.69	0.73	0.81	0.047	NS
EA kg ^{**}	0.30	0.30	0.33	0.30	0.36	0.013	0.01
P4 kg	51.0	51.6	50.1	52.6	54.2	1.94	NS
MLGF kg	21.1	21.8	21.1	21.7	22.9	0.85	NS
GDM g/día	0.26	0.27	0.27	0.27	0.33	0.021	NS
DGD cm	0.40	0.32	0.39	0.31	0.42	0.171	NS
DPM cm ^x	0.40	0.46	0.43	0.49	0.62	0.179	NS

^v P0 = peso inicial kg, MLGI = tejido magro libre de grasa inicial kg, CDA = consumo diario de alimento kg/día, CDLys D = consumo diario de lisina g/día, CEM = consumo diario de energía metabolizable Mcal/día, GDP = ganancia diaria de peso kg/día, EA = ganancia / consumo kg, P4 = peso final kg (semana 4). MLGF =tejido magro libre de grasa final kg, GDM = ganancia diaria de tejido magro libre de grasa kg/día, DGD = diferencia en la deposición de grasa dorsal en P2 cm., DPM = diferencia en la profundidad del músculo gran dorsal en P2.

^w EEM = error estándar de la media.

^x Efecto de sexo; CDA = 2.15 vs 4.42, CDLys = 18.2 vs 20.6, CEM = 6.87 vs 7.75, EA = 0.33 vs 0.31 y DPM = 0.31 vs 0.64 hembras vs machos respectivamente, P<0.04.

*Lineal, P<0.02

NS = no significativo.

Cuadro 6. Comportamiento productivo de cerdos alimentados con diferentes niveles de energía metabolizable en la dieta. Experimento 1: cerdos de 30 kg, periodo de seguimiento^v

	Nivel de EM en la dieta					<i>EEM</i> ^w	P <
	3.000	3.100	3.200	3.300	3.400		
P4 kg	51.0	51.6	50.1	52.6	54.2	1.95	NS
MLGI kg	21.1	21.8	21.1	21.7	22.9	0.85	NS
CDA g/día ^x	2.74	2.70	2.69	2.85	2.73	0.083	NS
CDLys D g/día ^x	19.7	19.4	19.3	20.5	19.7	0.58	NS
CEM Mcal/día ^x	8.86	8.71	8.68	9.21	8.82	0.268	NS
GDP g/día	0.70	0.72	0.75	0.74	0.72	0.514	NS
EA kg ^x	0.26	0.27	0.29	0.26	0.26	0.020	NS
P8 kg	69.0	69.2	71.2	73.3	73.2	2.47	NS
MLGF kg	27.7	28.3	28.4	28.6	30.0	0.31	NS
GDM g/día	0.24	0.24	0.26	0.25	0.25	0.029	NS
DGD cm	0.46	0.48	0.38	0.39	0.35	0.201	NS
DPM cm	0.62	0.44	0.65	0.35	0.55	0.235	NS

^v P4 = peso inicial kg (inicio de la semana 4), MLGI = tejido magro libre de grasa inicial kg, CDA = consumo diario de alimento kg/día, CDLys D = consumo diario de lisina g/día, CEM = consumo diario de energía metabolizable Mcal/día, GDP = ganancia diaria de peso kg/día, EA = ganancia / consumo kg, P8 = peso final kg (semana 8). MLGF =tejido magro libre de grasa final kg, GDM = ganancia diaria de tejido magro libre de grasa kg/día, DGD = diferencia en la deposición de grasa dorsal en P2 cm., DPM = diferencia en la profundidad del músculo gran dorsal en P2.

^w EEM 0 error estándar de la media.

^x Efecto de sexo; CDA = 2.60 vs 2.89, CDLys = 18.7 vs 20.8, CEM = 8.38 vs 9.33 y EA = 0.29 vs 0.25, hembras vs machos respectivamente, P<0.01.

NS = no significativo.

Cuadro 7. Comportamiento productivo de cerdos alimentados con diferentes niveles de energía metabolizable en la dieta. Experimento 2: cerdos de 50 kg de peso.

	Nivel de EM en la dieta					<i>EEM</i> ^b	P <
	3.000	3.080	3.160	3.240	3.320		
P0 kg	52.9	53.2	53.6	52.7	53.1	1.43	NS
MLGI kg	22.0	22.5	22.5	22.3	21.8	0.64	NS
CDA kg/día ^x	2.84	2.83	2.95	2.76	2.80	0.090	NS
CDLys D g/día ^x	21.3	21.2	22.1	20.7	21.0	0.71	NS
CEM Mcal/día ^x	8.53	8.72	9.32	8.95	9.29	0.300	NS
GDP g/día	0.85	0.76	0.80	0.85	0.86	0.060	NS
EA kg	0.30	0.27	0.27	0.30	0.31	0.020	NS
P4 kg ^x	77.0	74.3	75.6	76.9	77.2	1.77	NS
MLGF kg ^x	30.5	29.3	29.7	30.6	30.7	0.80	NS
GDM g/día	0.30	0.24	0.26	0.29	0.32	0.030	NS
DGD cm ^x	0.18	0.15	0.15	0.15	0.08	0.090	NS
DPM cm	0.43	0.24	0.23	0.27	0.44	0.100	NS

^v P4 = peso inicial kg (inicio de la semana 4), MLGI = tejido magro libre de grasa inicial kg, CDA = consumo diario de alimento kg/día, CDLys D = consumo diario de lisina g/día, CEM = consumo diario de energía metabolizable Mcal/día, GDP = ganancia diaria de peso kg/día, EA = ganancia / consumo kg, P8 = peso final kg (semana 8). MLGF =tejido magro libre de grasa final kg, GDM = ganancia diaria de tejido magro libre de grasa kg/día, DGD = diferencia en la deposición de grasa dorsal en P2 cm., DPM = diferencia en la profundidad del músculo gran dorsal en P2.

^w EEM 0 error estándar de la media.

^x Efecto de sexo; CDA = 2.68 vs 3.0, CDLys = 20.1 vs 22.5, CEM = 8.45 vs 9.47, P4 = 74.6 vs 77.7, MLGF = 29.6 vs 30.7 y DGD = 0.28 vs 0.38 hembras vs machos respectivamente, P<0.05.

NS = no significativo.

Cuadro 8. Comportamiento productivo de cerdos alimentados con diferentes niveles de energía metabolizable en la dieta. Experimento 3, cerdos de 80 kg de peso^v

	Nivel de EM en la dieta					<i>EEM</i> ^w	P <
	2.900	3.000	3.100	3.200	3.300		
P0 kg	82.9	82.3	82.3	82.7	83.1	3.62	NS
MLGI kg	31.9	32.3	32.9	32.2	31.9	0.64	NS
CDA kg/día	3.35	3.41	3.15	3.25	3.25	0.075	NS
CDLys D g/día	19.1	19.4	18.0	18.5	18.5	0.44	NS
CEM Mcal/día*	9.7	10.2	9.8	10.4	10.7	0.24	0.02
GDP g/día*	0.73	0.81	0.74	0.83	0.86	0.032	0.01
EA kg*	0.22	0.24	0.23	0.26	0.27	0.011	0.01
P4 kg	103.3	104.9	103.1	105.9	107.9	3.15	NS
MLGF kg	38.7	38.4	38.8	38.5	39.2	0.51	NS
GDM g/día	0.24	0.22	0.21	0.22	0.26	0.020	NS
DGD cm **	0.38	0.47	0.51	0.54	0.52	0.110	NS
DPM cm	0.37	-0.12	-0.01	-0.20	0.07	0.115	0.01

^v P0 = peso inicial kg (inicio de la semana 4), MLGI = tejido magro libre de grasa inicial kg, CDA = consumo diario de alimento kg/día, CDLys D = consumo diario de lisina g/día, CEM = consumo diario de energía metabolizable Mcal/día, GDP = ganancia diaria de peso kg/día, EA = ganancia / consumo kg, P4 = peso final kg (semana 4). MLGF =tejido magro libre de grasa final kg, GDM = ganancia diaria de tejido magro libre de grasa kg/día, DGD = diferencia en la deposición de grasa dorsal en P2 cm., DPM = diferencia en la profundidad del músculo gran dorsal en P2.

^w EEM 0 error estándar de la media.

^x Efecto de sexo; MLG1 = 33.1 vs 31.4, CDA = 3.16 vs 3.41, CDLys = 18.0 vs 19.4, CEM = 9.8 vs 10.5, GDP = 0.77 vs 0.82, P4 = 103.7 vs 106.1, MLGF = 39.5 vs 37.9, DGD = 0.39 vs 0.57 hembras vs machos respectivamente, P<0.05.

NS = no significativo, P > 0.2.

*Lineal P<0.003

**Interacción Sexo : Tratamiento P<0.008

Figura 1. Experimento 3, Interacción sexo tratamiento, diferencia en la deposición de grasa dorsal (final-inicial) a la altura de la décima costilla, $P < 0.008$

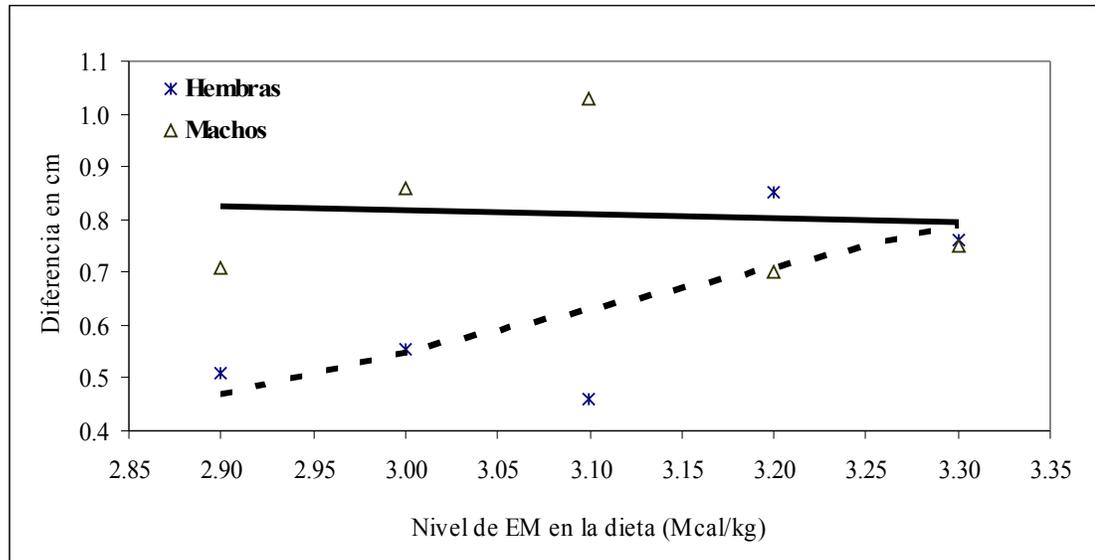


Figura 2. Experimento 1 cerdos de 30 kg de peso; efecto del nivel de energía en la dieta sobre el consumo de energía (lineal $P < 0.02$)

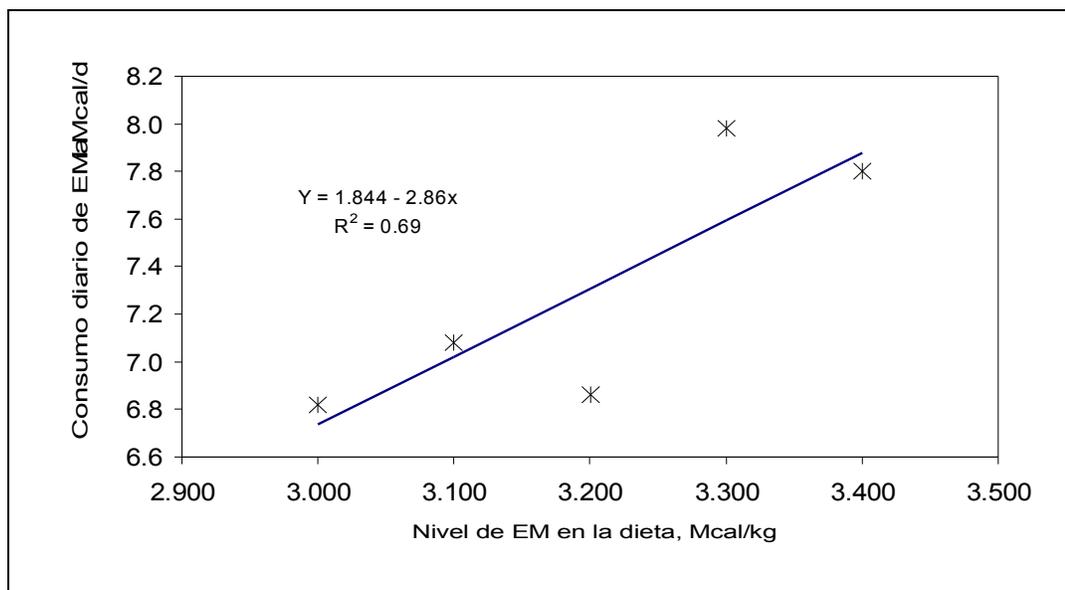


Figura 3. Experimento 3 cerdos de 80 kg de peso; efecto del nivel de energía

en la dieta sobre el consumo de energía (lineal P , 0.003)

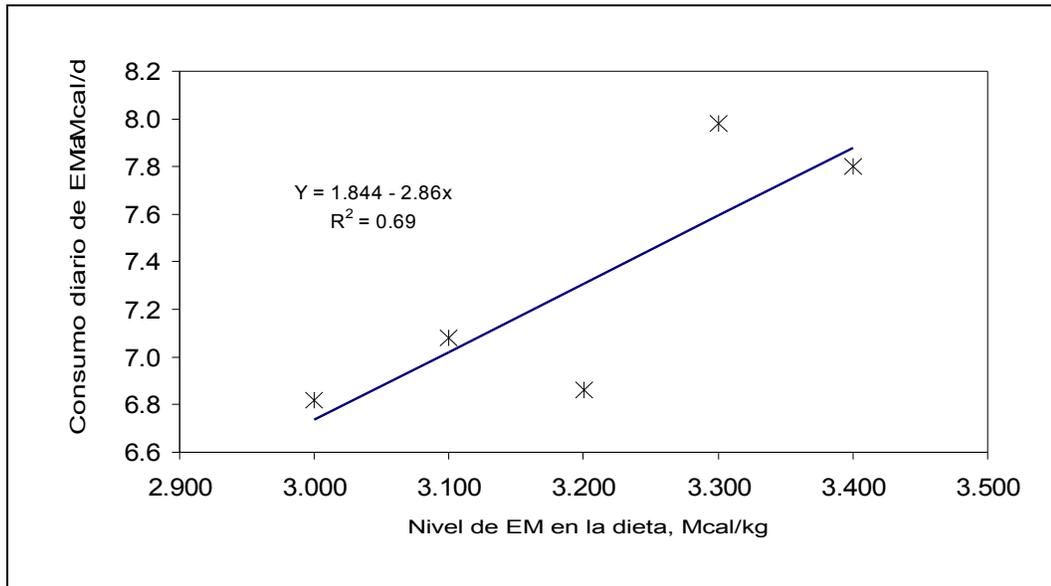


Figura 3. Experimento 3 cerdos de 80 kg de peso; efecto del nivel de energía en la dieta sobre la respuesta productiva (lineal P , 0.003)

