

Comportamiento productivo, características de la canal y peso del tracto gastrointestinal de cerdos alimentados con aceite de palma africana (*Elaeis guineensis*)

Productive performance, carcass characteristics and gastrointestinal tract weight of pigs feed with African palm oil (*Elaeis guineensis*)

Guido Terán Mendoza^a, Luis Sarmiento Franco^a, José Candelario Segura Correa^a, Felipe Torres-Acosta^a, Ronald Herve Santos Ricalde^a.

RESUMEN

Se utilizaron 40 cerdos de 34.2 ± 2.3 kg para evaluar el comportamiento productivo, rendimiento de la canal, calidad de la carne y peso de las vísceras digestivas, en respuesta a la inclusión de aceite crudo de palma (*Elaeis guineensis*) (ACP) en dietas para cerdos. Los tratamientos consistieron en la inclusión de 0, 10, 20 y 30 % de ACP en la dieta. Se encontró que el consumo de alimento disminuyó linealmente ($P < 0.05$) conforme se incrementó el nivel de ACP en la dieta, y la eficiencia alimenticia mejoró linealmente ($P < 0.05$) conforme se incrementó este nivel. Se observó una tendencia lineal significativa ($P < 0.05$) a aumentar el consumo de fibra detergente neutro conforme aumentó el nivel de inclusión del aceite. La carne de los cerdos alimentados con ACP tuvo un color rojo más deseable ($P < 0.05$). No se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$) para la ganancia de peso, días al peso final, rendimiento de la canal, marmoleado de la carne y grasa intramuscular. El peso del intestino grueso tendió a aumentar en forma cúbica ($P < 0.05$) conforme se incrementó el nivel de aceite en la dieta. El peso total de las vísceras mostró una tendencia a aumentar linealmente ($P < 0.05$) conforme se incrementó el nivel de ACP y fibra en la dieta. Los resultados obtenidos sugieren que es posible sustituir hasta el 70 % de la energía metabolizable total de la dieta convencional de los cerdos por aceite crudo de palma, sin afectar negativamente el comportamiento productivo, el rendimiento de canal y la calidad de la carne.

PALABRAS CLAVE: Cerdos, Aceite de palma, Rendimiento de canal, Calidad de la carne, Vísceras digestivas.

ABSTRACT

Forty pigs weighing 34.2 ± 2.3 kg were used to evaluate productive performance, carcass yield, meat quality and digestive viscera weight as a response to raw palm oil (RPO) (*Elaeis guineensis*) inclusion in swine diets. The treatments were inclusion of 0, 10, 20 and 30 % of RPO in swine diets. Feed intake decreased linearly ($P < 0.05$) and the feed:gain ratio improved linearly ($P < 0.05$) as RPO content increased in the diet. A significant linear trend ($P > 0.05$) to increase neutral detergent fiber intake in response to RPO content increases in the diet was observed. The meat of pigs fed with RPO presented a more suitable red color ($P < 0.05$). No significant differences between treatments ($P > 0.05$) for weight gain, days to final weight, carcass yield, marbling and intramuscle fat were observed. The large intestine weight increased with a cubic trend ($P < 0.05$) as RPO content increased in the diet. Total viscera weight tended to increase linearly ($P < 0.05$) as RPO and fiber contents increased in the diet. Results obtained in this study suggest that it is possible to supply up to 70 % of metabolizable energy in swine diets through RPA without negative effects on productive performance, carcass yield and meat quality.

KEY WORDS: Pigs, Palm oil, Carcass yield, Meat quality, Digestive viscera.

INTRODUCCIÓN

La alimentación de los cerdos en México está basada principalmente en pasta de soya, sorgo y maíz

INTRODUCTION

Swine feed in Mexico is based mainly on soybean meal, sorghum and maize as main ingredients,

Recibido el 20 de enero de 2003 y aceptado para su publicación el 5 de enero de 2004.

^a Departamento de Nutrición Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Yucatán. Apartado postal 4-116 Itzimna. Mérida, Yucatán, México. rsantos@tunku.uady.mx. Correspondencia al último autor.

como principales ingredientes; sin embargo, su producción satisface solamente el 50 % de la demanda para la alimentación animal⁽¹⁾. En la península de Yucatán las características climáticas, así como la baja fertilidad del suelo, no permiten obtener los volúmenes suficientes de los insumos mencionados, para satisfacer la demanda; en consecuencia, existe una gran dependencia de la importación de cereales de los Estados Unidos y otros países para la fabricación de los alimentos balanceados para animales.

Recientemente se han empezado a desarrollar proyectos para cultivar palma africana (*Elaeis guineensis*) en algunos estados del sureste de México, la cual tiene un gran potencial para fijar eficientemente la energía del sol y convertirla en aceite⁽²⁾. El fruto entero, el aceite crudo de palma africana y los subproductos del proceso de extracción de aceite (cachaza, efluentes o lodos), constituyen fuentes energéticas eficientes para la alimentación de cerdos, lo cual hace posible la sustitución total de los cereales en dietas de crecimiento y engorda de cerdos^(3,4). El aceite de palma contiene una combinación de ácidos grasos monoinsaturados, poliinsaturados y saturados, con alrededor del 40 % de ácido oléico (18:1), 10 % de ácido linoléico (18:2), 44 % de ácido palmítico (16:0) y 5 % de ácido esteárico (18:0)⁽⁵⁾.

En varios trabajos realizados para evaluar el crecimiento de cerdos alimentados con aceite de palma africana, se ha observado que su comportamiento no se ve afectado^(4,6). Por otro lado se ha reportado un aumento en el tamaño y el grosor de las vellosidades del intestino delgado por la adición de lípidos en las dietas porcinas^(7,8); sin embargo, no se ha estudiado suficientemente el efecto de la inclusión de aceite de palma en dietas para cerdos, sobre las características de la canal y el peso del tracto gastrointestinal.

El objetivo de este estudio fue evaluar en cerdos en crecimiento, el comportamiento productivo, el rendimiento de canal, la calidad de la carne y el peso de las vísceras digestivas, como respuesta a niveles crecientes de aceite crudo de palma en la dieta.

however, domestic production of these feeds satisfy 50 % of animal feed demand⁽¹⁾. In the Yucatan peninsula, owing to its soil and climate, not enough of these diet components are being produced, so animal feed production is heavily dependent on grain imports from the USA and other origins.

Recently, Palm oil has been introduced to several States in southeast Mexico as a crop which shows great ability to fix solar energy and convert it into oil⁽²⁾. The whole fruit, raw oil and other by-products of palm oil extraction are efficient energy sources for swine production, and it could be possible to replace grains completely in growth and fattening diets^(3,4). Palm oil presents a combination of poly and mono non-saturated and saturated fats with around 40 % of oleic acid (18:1), 10 % linoleic acid (18:2), 44 % palmitic acid (16:0) and 5 % of stearic acid (18:0)⁽⁵⁾.

Other studies carried out to assess growth of swine fed with palm oil, have ascertained that productive behavior is not affected^(4,6). On the other hand, an increase in size and thickness of intestine villi due to inclusion of lipids in swine diets has been reported^(7,8). However, the effect due to inclusion of palm oil in pig diets on carcass characteristics and gastrointestinal weight has not been sufficiently studied.

The objective of the present study was to assess productive behavior, carcass yield, meat quality and digestive viscera weight in answer to increased levels of raw palm oil (RPO) in growing pig diets.

MATERIALS AND METHODS

This experiment was carried out in the swine facility of the Facultad de Veterinaria y Zootecnia of the Universidad de Yucatan, at km 15.5 of the Mérida-Xmatkuil road, Yucatan, Mexico.

Forty pigs (20 females and 20 males) of the PIC commercial line (C-22 x 406) with an initial weight of 34.3 ± 2.3 kg were used. Animals were placed in pairs (one female and one male) in pens with cement floor and feeding trough and provided with automatic water dispensers.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en las instalaciones de la área experimental para cerdos de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Yucatán, ubicada en el km 15.5 de la carretera Mérida-Xmatkuil.

Treatments consisted in inclusion of 0, 10, 20 and 30 % of RPO in the diets, which was the equivalent of substituting in 0, 30, 56 and 70 % of the metabolizable energy from grains with palm oil for the 0, 10, 20 and 30 % treatments, respectively. Diets were balanced taking into account NRC recommendations for finishing pigs⁽⁹⁾ (Table 1).

Cuadro 1. Composición porcentual de las dietas experimentales

Table 1. Experimental diet composition

	Palm oil content (%)			
	0	10	20	30
Ingredients				
Maize	74.00	46.70	19.00	0.00
Wheat bran ^a	10.00	15.50	19.00	28.00
Wheat short bran ^b	2.10	8.00	18.00	12.70
Soybean mill	10.55	15.02	19.40	25.00
Palm oil	0.00	10.00	20.00	30.00
Calcium carbonate	1.22	1.50	1.70	1.80
Salt	0.40	0.40	0.40	0.40
Vitamins ^c	0.25	0.25	0.25	0.25
Minerals ^d	0.05	0.05	0.05	0.05
Lysine	0.20	0.15	0.08	0.00
Methionine	0.09	0.08	0.07	0.05
Antioxidants	0.05	0.05	0.05	0.05
Orthophosphate ^e	1.10	2.30	2.00	1.70
Estimated analysis				
Metabolizable energy, Mcal/kg	3.08	3.23	3.52	3.95
Crude protein, %	13.91	15.19	16.47	18.08
Neutral detergent fiber, %	4.61	6.63	11.13	12.52
Lysine, %	0.70	0.76	0.83	0.91
Threonine, %	0.49	0.52	0.56	0.61
Tryptophan, %	0.16	0.19	0.22	0.26
Calcium, %	0.75	1.12	1.16	1.15
Phosphorous, %	0.59	0.88	0.91	0.90
Ratios				
CP: metabolizable energy	4.52	4.70	4.68	4.58
Lysine: metabolizable energy	0.23	0.24	0.24	0.23
Threonine: metabolizable energy	0.16	0.16	0.16	0.15
Tryptophan: metabolizable energy	0.05	0.06	0.06	0.06
Calcium:phosphorous	1.27	1.28	1.28	1.28

a CP 16 %, ME 2.5 Mcal/kg, NDF 10.7.

b CP 15.5 %, ME 2.2 Mcal/kg, NDF13.0.

c Vitamin content/diet kg: A (2,500 UI), D3 (640 UI), E (30 mg), K (0.4 mg), riboflavin (3.5 mg), panthotenic acid (1.5 mg), niacin (20 mg), pyridoxine (0.5 mg), choline (300 mg), B₁₂ (0.01 mg).

d Mineral content/diet kg: Mg (15 mg), Mn (20 mg), Fe (18 mg), Cu (4 mg), Zn (60 mg), Se (0.04 mg), I (0.01mg), Co (0.06 mg), S (13 mg), Na (9 mg).

e Content: P 210 g/kg, Ca 180 g/kg.

Se utilizaron 40 cerdos (20 hembras y 20 machos castrados) de la línea comercial Pig Improvement Company (C-22 x 406) con un peso vivo inicial de 34.3 ± 2.3 kg. Los animales se alojaron por parejas (macho y hembra) en corrales con piso de cemento y equipados con comedero de cemento, y bebederos automáticos tipo chupón.

Los tratamientos consistieron en la inclusión de 0, 10, 20 y 30 % de aceite crudo de palma (ACP) en la dieta de los cerdos, lo cual fue equivalente a una sustitución del aporte de energía metabolizable (EM) de los cereales por el aceite de palma de 0, 30, 56 y 70 % para los tratamientos 0, 10, 20 y 30 %, respectivamente. Las dietas fueron balanceadas tomando en consideración las recomendaciones del NRC para cerdos en finalización⁽⁹⁾ (Cuadro 1). Sin embargo, las características químicas del ACP impedían tener dietas isoproteicas e isoenergéticas, por lo tanto, se utilizó también el criterio de formular las dietas tratando de mantener relaciones similares entre los nutrimentos, principalmente entre proteína, lisina, triptofano y treonina con la energía metabolizable, y entre calcio y fósforo en todas las dietas. Igualmente, con la intención de mantener condiciones nutricionales similares entre tratamientos, se utilizó un solo perfil de dieta para todos los tratamientos durante todo el experimento.

Por cuestiones prácticas se mezcló el concentrado constituido por el maíz, pasta de soya, salvado de trigo, salvadillo de trigo, minerales, vitaminas, aminoácidos y aditivos de cada dieta, en una mezcladora horizontal con capacidad de 600 kg, de acuerdo a las cantidades especificadas. El ACP se añadió al concentrado y se mezcló homogéneamente de acuerdo a la cantidad calculada para cada tratamiento al momento de ser ofrecida a los animales. El mezclado de los ingredientes incluido el ACP se realizó durante 5 min con la ayuda de una mezcladora con capacidad para 30 kg.

Los animales se alimentaron todos los días a las 0800. La cantidad de alimento ofrecida a los cerdos se ajustó diariamente de acuerdo al rechazo del día anterior, de manera que los animales tuvieran siempre alimento a libre disponibilidad.

However, due to characteristics inherent to RPO it was not possible to obtain isoproteic and isoenergetic diets, therefore, the criterion of trying to keep similar relationships between nutrients was used also, especially between protein, lysine, tryptophan, threonine and metabolizable energy and between calcium and phosphorous in every diet. Similarly with the intention of maintaining similar nutritional conditions between treatments, one diet profile for all treatments was kept during this experiment.

Owing to practical reasons, mixing of the concentrate made up by maize, soybean meal, wheat bran, minerals, vitamins, amino-acids and additives for each diet was performed in a horizontal mixer with a 600 kg capacity, in accordance with the specified amounts. RPO was added to the concentrate and homogenized in accordance with the estimated amount for each treatment before being offered to the animals. Mixing of the ingredients, including RPO was carried out for 5 min in a 30 kg capacity mixer. Animals were fed daily at 0800. The amount of feed offered to pigs was adjusted daily in accordance with previous day leftovers so animals had free feed access and availability.

Animals were weighed in a 500 kg mechanical scale. The first weighing was performed at the beginning of the experiment, and every 15 d thereafter, till animals reached 90 kg live-weight. Pigs were subjected to a 16 h fast previous to weighting.

Animals were sacrificed in the abattoir of the Facultad de Veterinaria y Zootecnia, and from each treatment two females and three males were randomly chosen. Weight at sacrifice was 94.2 ± 4.0 kg; 93.2 ± 2.3 kg; 95.0 ± 3.7 kg and 94.8 ± 1.7 kg for the 0, 10, 20 and 30 % treatments, respectively. Animals were subjected to a 16 h fast previous to sacrifice. Eviscerated carcasses were weighed immediately after sacrifice. Dorsal fat thickness was measured with a ruler at the middle line of the dorsal area at the 10th and 12th thoracic vertebrae⁽¹⁰⁾. Intramuscular fat (fat mg/100 mg fresh muscle) was estimated extracting fat through the ether extract method⁽¹¹⁾ from a 200 g sample

El pesaje de los cerdos se realizó en una báscula mecánica con capacidad de 500 kg. El primer pesaje se realizó al inicio de la prueba, y subsecuentemente cada 15 días hasta que los cerdos alcanzaron los 90 kg de peso vivo. Previo al pesaje, los cerdos no tuvieron acceso al alimento por un periodo de 16 h.

El sacrificio de los animales se realizó en el rastro de la Facultad, y se seleccionaron al azar tres machos y dos hembras de cada tratamiento, los cuales tuvieron un peso promedio al sacrificio de 94.2 ± 4.0 ; 93.2 ± 2.3 ; 95.0 ± 3.7 y 94.8 ± 1.7 kg para los tratamientos 0, 10, 20 y 30 %, respectivamente. A los cerdos se les retiró el alimento 16 h antes del sacrificio. La canal eviscerada de los cerdos se pesó inmediatamente después del sacrificio. Se midió el espesor de la grasa dorsal con una regla sobre la línea media a lo largo de la región dorsal a la altura de la 10^{ma} y 12^{ava} vértebras torácicas⁽¹⁰⁾. La profundidad de la chuleta se midió con una regla, longitudinalmente desde la base del músculo *longissimus dorsi* en la columna vertebral, hasta la región distal del mismo músculo, haciendo un corte a la altura de la 12^{ava} vértebra torácica⁽¹⁰⁾. El contenido de grasa intramuscular (mg de grasa/100 g de músculo en fresco) se estimó extrayendo la grasa por el método de extracto etéreo⁽¹¹⁾, de una muestra de aproximadamente 200 g del músculo *longissimus dorsi* obtenida a la altura de la 12^{ava} vértebra torácica. La muestra de carne se conservó después de obtenida, a -10 °C hasta su análisis en el laboratorio, aproximadamente 24 h después.

La predicción de la cantidad de cortes primarios (CP) se estimó con la ecuación propuesta por Velásquez y Belmar,⁽¹⁰⁾ utilizando el peso de la canal en caliente (PCC), el espesor de la grasa dorsal (GD) y la profundidad de la chuleta (CH).

$$CP \text{ kg} = 4.351 + 0.510 PCC - 0.279GD + 0.046CH$$

El color de la carne se determinó en forma subjetiva utilizando los estándares de calidad sugeridos por la National Pork Producers Council⁽¹²⁾, con las siguientes calificaciones: 1) carne pálida blanca; 2) rosa gris; 3) roja (deseable); 4) roja oscura; 5) púrpura y 6) púrpura oscura.

of the *longissimus dorsi* muscle obtained at the 12th thoracic vertebra. The meat sample was conserved after being obtained at -10 °C till being processed in the laboratory, approximately 24 h afterwards. The prediction of primary cuts (PC) amounts was estimated through the Velazquez and Belmar equation⁽¹⁰⁾, taking the warm carcass weight (WLW), dorsal fat thickness (DF) and pork chop eye (RE).

$$PC \text{ Kg} = 4.351 + 0.510 WLW - 0.279 DF + 0.046 RE$$

Meat color was estimated visually with the aid of standards suggested by the National Pork Producers Council⁽¹²⁾, with the following grades: 1) pale white, 2) grayish rose, 3) red (desirable), 4) deep red, 5) purple and 6) deep purple.

Marbling was assessed subjectively through quality standards suggested by the National Pork Producers Council. Grades went from 1 to 10 in accordance with intramuscular fat observed in the sample.

Immediately after sacrifice, digestive viscera (stomach, small intestine, large intestine, cecum, liver and pancreas) were separated from the carcass, cleaned and emptied and finally each individual section was weighted.

For the productive performance study a completely randomized design with four treatments and five replicates per treatment was used. Each experimental unit was made up by two animals, one female and one male, to eliminate sex effect. The mathematical model for this experiment was:

$$Y_{ij} = U + T_i + E_{ij}$$

where Y_{ij} = effect of the j-nth treatment of the i-nth replication; U = general average; T_i = effect of the i-nth treatment; E_{ij} = effect of the j-nth observation in the i-nth treatment or experimental error⁽¹³⁾.

For measurement of carcass yield, digestive viscera weight and meat quality, a design similar to the one mentioned earlier was used, with the difference that the experimental units were individual animals chosen at random from each treatment. Replicates were five per treatment (two females and two males). For variance analysis sex was considered as a factor and weight at sacrifice as a co-variable.

El marmoleado también se evaluó de una forma subjetiva utilizando los estándares de calidad sugeridos por la National Pork Producers Council⁽¹²⁾. En este caso la calificación fue de 1 a 10 de acuerdo al grado de grasa intramuscular observada en la muestra.

Inmediatamente después del sacrificio, las vísceras digestivas (estómago, intestino delgado, intestino grueso, ciego, hígado y páncreas) se separaron de la canal. Posteriormente, las diferentes secciones que componen el tubo digestivo se vaciaron y limpiaron de todo contenido de alimento, y finalmente cada sección de las vísceras se pesó individualmente.

Para la prueba de comportamiento se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y cinco repeticiones por tratamiento. Cada unidad experimental estuvo constituida por dos animales, una hembra y un macho, con lo cual se pretendió eliminar el efecto de sexo. El modelo matemático para este diseño fue:

$$Y_{ij} = U + T_i + E_{ij}$$

Donde: Y_{ij} = Efecto del j -ésimo tratamiento del i -ésima replica; U = Media general; T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento; E_{ij} = Efecto de la j -ésima observación en el i -ésimo tratamiento o error experimental⁽¹³⁾.

Para las mediciones de rendimiento de canal, peso de las vísceras digestivas y calidad de la carne, se

Data obtained on productive performance, carcass yield and TGI weight in each treatment were subjected to variance analysis through the SAS software, using the GLM procedure⁽¹⁴⁾. Data were analyzed through response areas. Meat color and marbling were analyzed through the Kruskal-Wallis test⁽¹³⁾.

RESULTS

In Table 2 can be seen that feed intake decreased linearly ($P < 0.05$) as RPO content in diet increased and also that feed efficiency improved linearly ($P < 0.05$). However, metabolizable energy intake and crude protein intake were very similar ($P < 0.05$) for all treatments, that could be explained through a higher energy and protein concentration in diets.

Also, neutral detergent fiber intake increased linearly ($P < 0.05$) as RPO content increased from treatment 0 to 30%. This effect was associated to a wheat bran increase as RPO increases.

No differences were found ($P > 0.05$) between treatments for weight gain and days to final live weight. However, results obtained show that animals in the 0% treatment reached final weight in less days than those in the other treatments. In the variance analysis sex effect and live weight at

Cuadro 2. Comportamiento productivo de cerdos alimentados con niveles crecientes de aceite crudo de palma africana
Table 2. Productive performance in pigs fed with increasing raw palm oil levels

	Palm oil contents (%)				SEM	Response
	0	10	20	30		
Feed intake, kg/d	2.5	2.0	1.9	1.7	0.34	Linear
ME intake, Mcal/d	7.3	6.5	6.6	6.5	0.66	NS
CP intake, g/d	341	307	323	319	29.70	NS
Weight gain, kg/d	0.8	0.7	0.8	0.8	0.11	NS
Feed efficiency	0.3	0.3	0.4	0.5	0.01	Linear
NDF intake, g/d	11.4	13.5	21.0	21.2	0.62	Linear
Days to final weight	68.7	82.6	79.2	73.7	17.45	NS

SEM = standard error of the mean.

ME = metabolizable energy; CP = crude protein; NDF = neutral detergent fiber.

NS = non significant.

utilizó un diseño similar al anterior, pero las unidades experimentales fueron los animales individuales tomados al azar de cada tratamiento. Las repeticiones fueron cinco por tratamiento (tres machos y dos hembras). En el análisis de varianza el sexo se consideró como un factor y el peso al sacrificio como covariable.

Los datos obtenidos del comportamiento productivo, rendimiento de la canal, y peso del TGI en cada tratamiento fueron sometidos a un análisis de varianza con ayuda del paquete estadístico SAS, utilizando el procedimiento GLM⁽¹⁴⁾. Los datos fueron analizados por medio de superficies de respuesta. Las variables de color de la carne y marmoleado se analizaron utilizando la prueba de Kruskal-Wallis⁽¹³⁾.

RESULTADOS

En el Cuadro 2 se observa que el consumo de alimento disminuyó linealmente ($P < 0.05$) conforme se incrementó el nivel de ACP en la dieta, y la eficiencia alimenticia mejoró linealmente ($P < 0.05$) conforme se incrementó el nivel. Sin embargo, los consumos de energía metabolizable y de proteína cruda fueron similares ($P > 0.05$) en todos los tratamientos, lo que se explica por una mayor concentración de energía y proteína en las dietas.

También se encontró que el consumo de fibra detergente neutro aumentó linealmente ($P < 0.05$) conforme se incrementó el nivel de ACP del tratamiento 0% al tratamiento 30%, aumento asociado a un incremento en el nivel de inclusión de salvado y salvadillo en la dieta conforme se incrementó el nivel de ACP.

No se encontraron diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos para las variables de ganancia de peso y días para alcanzar el peso final; sin embargo, los resultados obtenidos muestran que los cerdos del tratamiento 0% alcanzaron el peso final en menos días que los cerdos de los demás tratamientos.

En el análisis de varianza el efecto de sexo y peso al sacrificio no fueron significativos ($P > 0.05$), por lo tanto en el Cuadro 3 se presentan las medias sin

sacrificio were non-significant ($P > 0.05$), therefore in Table 3 non adjusted averages are shown. Variables assessed for carcass quality did not show significant differences between treatments ($P > 0.05$). However, control treatment showed a higher carcass yield and pork chop eye. Contrariwise, control treatment showed the higher averages for dorsal fat at the 10th and 12th rib.

In Table 3 the median of the visual color grading and of muscle marbling for each treatment is shown. Animals in those treatments which included RPO had a redder color in their meat than those in the control treatment ($P < 0.05$). No statistically significant differences were found for marbling between treatments.

In Table 4 average results for viscera weight assessed in this experiment are shown. Weight for stomach, small intestine, cecum, liver and pancreas were very similar between treatments ($P > 0.05$); however, large intestine weight showed a cubic tendency ($P < 0.05$), that indicates that weight

Cuadro 3. Calidad de la canal de cerdos alimentados con niveles crecientes de aceite crudo de palma africana

Table 3. Carcass quality in pigs fed with increasing level of raw palm oil

	Palm oil contents (%)				SEM
	0	10	20	30	
Live weight at sacrifice, kg	94.2	93.2	95.0	94.8	2.95
Carcass yield, %	83.3	83.0	81.0	82.2	1.99
Inicial dorsal fat, mm	7.1	6.8	7.0	6.9	1.06
Final dorsal fat, mm					
10 th rib	26.8	24.8	22.8	25.2	4.95
12 th rib	23.2	19.2	20.4	20.6	5.26
Intramuscular fat (mg/100 g tissue)	3093	3989	3137	3009	1155
Chop eye, cm	9.9	9.1	9.6	9.1	0.80
Primary cuts, kg	46.6	45.4	46.7	45.6	2.24
Pork color	2 ^a	3 ^b	3 ^b	3 ^b	
Marbling	2 ^a	2 ^a	2 ^a	2 ^a	

SEM = standard error of the mean.

^{ab} treatments in the same row with different letters show significant differences ($P < 0.05$).

ajustar. Se observó que las variables evaluadas para medir la calidad de la canal no presentaron diferencias significativas entre tratamientos ($P > 0.05$); sin embargo, el tratamiento testigo tuvo el mayor rendimiento de canal y profundidad de chuleta. En contraste, el tratamiento testigo también presentó los mayores promedios de grasa dorsal a nivel de la 10^{ma} y 12^{ava} costilla.

En el Cuadro 3 se presenta la mediana de calificación visual del color y marmoleado de la carne para cada uno de los tratamientos. Se encontró que la carne de los cerdos de los tratamientos que incluyeron ACP en la dieta, presentaron una coloración significativamente más roja ($P < 0.05$), que la carne de los cerdos del tratamiento testigo. Respecto al marmoleado no se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos.

En el Cuadro 4 se muestran los resultados promedios de los pesos de las vísceras evaluadas en el experimento. Se puede apreciar que el peso del estómago, intestino delgado, ciego hígado y páncreas fueron similares entre tratamientos ($P > 0.05$); sin embargo, el peso del intestino grueso mostró una tendencia cúbica ($P < 0.05$), la cual indica que el peso disminuyó del tratamiento 0% al tratamiento 10%, después aumentó en el tratamiento 20% y finalmente disminuyó en el tratamiento 30%. El peso total de las vísceras se incrementó linealmente ($P < 0.05$) conforme se incrementó el

decreased from the 0 to the 10 % treatment, then increased in treatment 20% and finally decreased in the 30% treatment. Total viscera weight increased linearly ($P < 0.05$) as RPO content increased. The multiple regression equation used to estimate contributions of liver weight (L) and small intestine weight (SI) to total viscera weight (TVW) was the following:

$$TVW = 1198 + 1.19 (L) + 1.18 (SI) \quad r^2 = 0.94$$

This equation indicates that TVW increases by 1.19 and 1.18 g for each gram of increase in liver and small intestine weight, respectively.

DISCUSSION

The decrease in feed intake observed in this study is in coincidence to previous results cited in literature^(15,16), in which the energy level in diets was increased through fat inclusion, but keeping constant the protein:energy ratio, as in the present experiment. This confirms that as caloric density in diets increases, a tendency of feed intake is observed⁽¹⁵⁾. However, metabolizable energy and crude protein intake was similar in all treatments, owing to the fact that protein and energy contents in the diets increased as RPO increased.

Decreases in feed intake seen in this study could be linked also to an increase in the content of

Cuadro 4. Peso del tracto gastrointestinal de cerdos alimentados con niveles crecientes de aceite crudo de palma africana (g)

Table 4. Gastrointestinal tract weight in pigs fed with increasing levels of raw palm oil (g)

	Palm oil content (%)				SEM	Response
	0	10	20	30		
Stomach	513	490	502	542	26.9	NS
Liver	1449	1513	1680	1615	71.2	NS
Pancreas	111	127	134	122	13.4	NS
Small intestine	1374	1398	1872	1733	152.9	NS
Large intestine	869	789	982	787	46.1	Cubic
Cecum	113	130	151	159	17.4	NS
Total viscera weight	4452	4454	5321	4958	581.8	Linear

SEM = standard error of the mean.

NS = non significant.

nivel de ACP. La ecuación de regresión múltiple para estimar la contribución del peso del hígado (H) y del intestino delgado (ID) al peso total de las vísceras (PTV) fue:

$$PTV = 1198 + 1.19 (H) + 1.18 (ID). \quad r^2 = 0.94$$

Dicha ecuación indica que el peso total de las vísceras se incrementó en 1.19 y 1.18 g por cada gramo de incremento en el peso del hígado y del intestino delgado, respectivamente.

DISCUSIÓN

La reducción significativa en el consumo de alimento observada en este trabajo conforme se incrementó el nivel de ACP en la dieta coincide con resultados reportados en la literatura^(15,16) en los cuales se incrementó el nivel energético de las dietas mediante la adición de grasa, pero manteniendo constante la relación energía:proteína, tal como se realizó en el presente trabajo. Lo anterior, confirma el principio que indica que a medida que se incrementa la densidad calórica de las raciones, se observa una tendencia en la reducción del consumo de alimento en los animales⁽¹⁵⁾. Sin embargo, el consumo de energía metabolizable y de proteína cruda fue similar en todos los tratamientos, debido a que las dietas se fueron concentrando más en cuanto a proteína y energía conforme se incrementó el nivel de ACP.

La reducción en el consumo de alimento observada en este trabajo pudo estar asociada también al incremento en el nivel de subproductos de trigo (salvado y salvadillo) en la dieta conforme se incrementó el nivel de ACP. El efecto de llenado por volumen que causan los alimentos está asociado al nivel de fibra en la dieta. Según Kyriazakis y Emmans⁽¹⁷⁾ conforme se incrementa el nivel de fibra en la dieta se produce una sensación física de llenado del tracto digestivo que reduce el apetito.

La mejora significativa observada en la eficiencia alimenticia a medida que se incrementó el nivel de ACP estuvo estrechamente asociada con la reducción en el consumo de alimento, y a similares ganancias de peso en todos los tratamientos, lo que

wheat by-products in the diets as RPO content increased. The bulking effect due to feeds is connected to fiber content in the diets. According to Kyriazakis and Emmans⁽¹⁷⁾ as the fiber content in diets increases, a physical bulking sensation in the digestive tract reduces appetite.

The significant improvement seen in feed efficiency as RPO content increase is closely linked to a decrease in feed intake and to a similar weight gain for all treatments, which is in coincidence with what is reported in other studies in which pigs were fed with palm oil or its by-products^(4,8).

In the present study no significant differences in carcass yield, dorsal fat thickness, intramuscular fat content, chop eye, primary cut amount and muscle marbling were found, which is similar to what is mentioned by other researchers, who report that pigs fed with palm oil^(18,19) or with diets based on other fat sources^(20,21,22), as long as the energy and protein contents are well balanced, do not alter the carcass characteristics relative to those of animals fed with grains.

The better meat color seen in animals fed with palm oil could be associated to a greater muscle oxidative activity due to a greater level of lipids in diets. According to Hocquette *et al.*⁽²³⁾ myoglobin concentration is higher in muscle tissues which use lipids as their main energy source. To this respect, Waylan *et al.*⁽²⁴⁾, suggest that a high myoglobin in muscles is associated to a livelier red color in pork. On the contrary, in pig fed on grains, the main energy source is glucose, which increases glucolitic activity, therefore diminishing myoglobin content in muscles.

Results on the assessment of different sections of the gastrointestinal tract show that the stomach, pancreas liver, cecum and small intestine weights were similar between treatments, however, the large intestine weight increased with a cubic trend as the palm oil level increased, possibly due to a linear increase in fiber intake. To this respect, mechanical stimulation of the intestine, due to fiber content in diets, has been mentioned as a possible cause of increases in length, diameter, weight and volume

coincide con lo reportado en otros trabajos de investigación, donde los cerdos fueron alimentados con aceite de palma o subproductos de la extracción de aceite^(4,18).

En el presente trabajo no se encontraron diferencias significativas en el rendimiento de canal, espesor de la grasa dorsal, contenido de grasa intramuscular, profundidad de la chuleta, la cantidad de cortes primarios y marmoleado de la carne, lo que coincide con lo reportado por algunos investigadores, que han observado que en cerdos alimentados con aceite de palma^(18,19), o con dietas basadas en diferentes fuentes de grasa^(20,21,22) no se alteran las características de la canal respecto a dietas basadas en cereales, siempre y cuando estén bien equilibradas en energía y proteína.

La mejor coloración de la carne observada en los cerdos alimentados con el aceite, posiblemente esté asociada a una mayor actividad oxidativa del tejido muscular, provocada por el mayor nivel de lípidos en la dieta. Según Hocquette *et al.*⁽²³⁾ la concentración de mioglobina es mayor en tejidos musculares que utilizan lípidos como fuente principal de energía. Al respecto, Waylan *et al.*⁽²⁴⁾, sugieren que una alta concentración de mioglobina en el músculo está asociada a un color rojo brillante más deseable en la carne de cerdo. Por el contrario, en cerdos alimentados con cereales, la fuente principal de energía es la glucosa, lo que incrementa la actividad glucolítica, y en consecuencia disminuye la concentración de mioglobina en el músculo.

Los resultados de la evaluación de las diferentes secciones del tracto gastrointestinal muestran que el peso del estómago, páncreas, hígado, ciego e intestino delgado fueron similares entre tratamientos; sin embargo, se encontró que el peso del intestino grueso se incrementó cúbicamente conforme se incrementó el nivel de aceite, posiblemente debido al aumento lineal en el consumo de fibra. Al respecto, se ha mencionado que la estimulación mecánica del intestino, por la inclusión de fibra en la dieta puede incrementar el largo, diámetro, peso y volumen del intestino^(25,26). Sin embargo, el efecto de la inclusión del aceite de palma en las dietas sobre el peso de los intestinos, no quedó

of the large intestine^(25,26). However, the effect of inclusion of palm oil in diets on intestine weight was not clear in this study and more studies on this subject are required to determine its causes. Increase in total viscera weight seems to be associated to increases in large intestine weight, but could also be related to an increase in weight of the small intestine and liver, because their weight showed a tendency to increase as the RPO content increased.

The increase seen in liver weight as RPO content in diets increased could be linked to lipid accumulation⁽²⁷⁾. On the other hand Li *et al.*⁽⁸⁾ observed an increase in the length and thickness of the small intestine villi in piglets when fed with a diet that included 10% of a soybean and coconut oil mixture (50:50). Another factor which could have influenced increase in weight of the small intestine was an increase in fiber content as the RPO content in diets increased, because as has been mentioned earlier, fiber inclusion in pig diets affects intestine weight and size^(25,26).

CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS

Feeding of growing swine with raw palm oil did not affect productive performance, carcass yield and pork quality, when compared to animals fed on diets based on grains. Large intestine weight and total viscera weight increased with a cubic trend and linearly, respectively as palm oil content and fiber in diets increased. However, results obtained in this study, suggest that it is possible to contribute up to 70 % of metabolizable energy in pigs diets with raw palm oil.

End of english version

completamente claro en este trabajo, y se requieren estudios específicos para determinar las causas.

El incremento en el peso total de las vísceras parece estar relacionado al aumento observado de peso del intestino grueso, pero también podría estar relacionado al incremento de peso del intestino delgado y del hígado, ya que dichos pesos tendieron

a incrementarse conforme se incrementó el nivel de ACP en la dieta.

El incremento observado en el peso del hígado conforme se incrementó el nivel de ACP en la dieta pudiera estar asociado a una acumulación de lípidos⁽²⁷⁾. Por otro lado Li *et al.*⁽⁸⁾ observaron un incremento significativo en el largo y el grosor de las vellosidades del intestino delgado, cuando alimentaron lechones con una dieta que incluía un 10% de una mezcla de aceite de soya y coco (50:50). Otro factor que pudo influir en el aumento de peso del intestino delgado fue el aumento en el consumo de fibra conforme se incrementó el nivel de ACP en la dieta, pues como se ha mencionado, la inclusión de fibra en el alimento afecta el tamaño y peso de los intestinos^(25,26).

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

La alimentación de cerdos en crecimiento con aceite crudo de palma no afectó el comportamiento productivo, el rendimiento de la canal y la calidad de la carne, en comparación a cerdos alimentados con una dieta basada en cereales. El peso del intestino grueso y el peso total de las vísceras se incrementó en forma cúbica y lineal conforme se incrementaron el nivel de aceite de palma y de fibra en la dieta. Sin embargo, los resultados obtenidos en las condiciones experimentales de este trabajo, sugieren que es posible aportar hasta el 70 % de la energía metabolizable de la dieta para cerdos con aceite crudo de palma.

LITERATURA CITADA

- Santos R, Sarmiento L, Belmar R, Vado I, Abreu E, Lean IJ. Pig production in Yucatan, México. *Pig News and Info* 1996;17(2):57N-59N.
- Ocampo A, Lean IJ. Palm oil (*Elaeis guineensis*, *Elaeis oleifera*), an efficient and sustainable energy source in pig production. A Review. *Pig News and Info* 1999;20(3):89N-96N.
- Ocampo A, Lozano E, Reyes B. Utilización de la cachaza de palma africana como fuente de energía en el levante, desarrollo y ceba de cerdos. *Livest Res Rural Develop* 1990;2(1):43-50.
- Ocampo A. Utilización del fruto de palma africana como fuente de energía con niveles restringidos de proteína en la alimentación de cerdos de engorde. *Livest Res Rural Develop* 1994;6(1): 1-7.
- González Ezquerro R, Avila González E, Cortés Cuevas A. Evaluación del aceite de palma africana (*Elaeis guineensis*) como fuente de energía en dietas para pollo de engorda. *Vet Mex* 1998;29(2):125-130.
- Ocampo A. Raw palm oil as the energy source in pig fattening diets and Azolla filiculoides as a substitute for soy bean meal. *Livest Res Rural Develop* 1994;6(1):8-17.
- Cera KR, Mahan DC, Reinharth GA. Apparent fat digestibility and performance responses of postweaning swine fed diets supplemented with coconut oil, corn or tallow. *J Anim Sci* 1989;67(8):2040-2047.
- Li DF, Thaler RC, Nelssen JL, Harmon DL, Allee GL, Weeden TL. Effect of fat source and combinations on starter pig performance, nutrient digestibility and intestinal morphology. *J Anim Sci* 1990;68(11):3694-3704.
- NRC. National Research Council. Nutrient requirements of swine. Tenth revised edition. Washington D C: National Academy Press; 1998.
- Velásquez MPA, Belmar CR. Predicción del contenido de cortes primarios en canales porcinas. Mérida, Yucatán, México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y Universidad Autónoma de Yucatán. 1998.
- AOAC. Official methods of analysis of the association of official analytical chemist. 14th edition. Arlington, VA, USA; AOAC. 1984.
- National Pork Producers Council. Pork quality standards. Colour and marbling standards cards. USA. NPPC. 1999.
- Steel RD, Torrie HJ. Bioestadística: principios y procedimientos. 2^a ed., México DF,; McGraw-Hill; 1988.
- SAS. SAS user guide: Statistics. Statistical Analysis Systems Institute. Cary, NC. SAS Inst. Inc. 1996.
- Pettigrew JE, Moser RL. Fat in swine nutrition. In: Miller ER, Ullrey DE, Lewis AJ editors. Swine Nutrition. USA: Butterworth-Heinemann; 1991;133-145.
- Smith II JW, Tokach MD, O'Quinn PR, Nelssen JL, Goodband RD. Effects of dietary energy density and lysine:calorie ratio on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs. *J Anim Sci* 1999;77(11):3007-3015.
- Kyriazakis I, Emmans GC. The voluntary feed intake of pigs given feeds based on wheat bran, dried citrus pulp and grass meal, in relation to measurements of feed bulk. *Br J Nutr* 1995;73(2):191-207.
- Ocampo A, Lean IJ. Effects of a high-fat diet based on palm, soybean or maize oil on growth performance and carcass characteristics in growing-fattening pigs. United Kingdom. *Proc British Soc Anim Sci. BSAS*. 2001.
- Le Duc N, Ogle RB, Sarria P, Preston TR. Effect of replacing sugar cane juice with African Oil Palm (*Elaeis guineensis*) on performance and carcass characteristics of pigs. *Livest Res Rural Develop* 1998;10(1):1-8.
- Dugan MER, Aalhus JL, Schaefer AL, Kramer JKG. The effect of conjugated linoleic acid on fat to lean repartitioning and feed conversion in pigs. *Can J Anim Sci* 1997;77(4):723-725.
- Wiseman J, Redshaw MS, Jagger S, Nute GR, Wood JD. Influence of type and dietary rate of inclusion of oil on meat quality of finishing pigs. *J Anim Sci* 2000;70(2):307-315.
- Dugan MER, Aalhus JL, Lien KA, Schaefer AL, Kramer JKG. Effects of feeding different levels of conjugated linoleic acid and total oil to pigs on live animal performance and carcass composition. *Can J Anim Sci* 2001;81(4):505-510.

23. Hocquette JF, Ortigues Marty I, Pethick D, Herpin P, Fernandez X. Nutritional and hormonal regulation of energy metabolism in skeletal muscles of meat-producing animals. *Livest Prod Sci* 1998;56(2):115-143.
24. Waylan AT, O'Quinn PR, Unruh JA, Nelssen JL, Goodband RD, Woodworth JC, Tokach MD, Koo SI. Effects of modified tall oil and vitamin E on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of growing-finishing pigs. *J Anim Sci* 2002;80(6):1575-1585.
25. Stanogias G, Pearce GR. The digestion of fibre by pigs. 3. Effect of the amount and type of fiber on physical characteristics of segments of gastrointestinal tract. *Br J Nutr* 1985;53(3):537-548.
26. Rigner MMJA, Dekker RA, Bakker GCM, Werstegen MWA, Schrama JW. Effects of dietary fermentable carbohydrates on the empty weight of the gastrointestinal tract in growing pigs. Lindberg JE, Ogle B editors *Digestive physiology of pigs*. Uppsala, Suecia. CABI. 2001.
27. Abdel Fattah G, Fernández ML, McNamara DJ. Regulation of very low density lipoprotein apo B metabolism by dietary fat saturation and chain length in the guinea pig. *Lipids* 1998;33(1):23-31.