

EFFECTO DE LA POLIINSATURACIÓN DE LOS ÁCIDOS GRASOS DE LA DIETA EN EL PESO VIVO Y ÁCIDOS GRASOS DE LA LECHE Y EN EL PESO DE LA CAMADA DE CERDAS

EFFECT OF POLIUNSATURATION OF DIETARY FATTY ACIDS ON BODY WEIGHT AND MILK FATTY ACIDS OF SOWS AND ON LITTER

Isaac De Gasperín-López¹, Jorge G. Vicente-Martínez^{1*}, Juan M. Pinos-Rodríguez¹, Felipe Montiel-Palacios¹, Rubén Loeza-Limón¹, Ignacio A. Domínguez-Vara², Beatriz Isabel-Redondo³

¹Universidad Veracruzana, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Avenida Miguel Ángel de Quevedo. Veracruz, México. (jvicente@uv.mx). ²Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. El Cerrillo, Estado de México. ³Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Veterinaria. Madrid, España

RESUMEN

El grado de poliinsaturación de los ácidos grasos (AGP) en la dieta para cerdas pueden modificar el desempeño productivo y reproductivo, así como grado de AGP en la grasa de la leche, en especial en las proporciones de omegas 3 y 6. El objetivo del presente estudio fue comparar dos niveles de poliinsaturación de los ácidos grasos (AG) de la dieta en el perfil de AG de la leche, el peso vivo y actividad reproductora de cerdas, así como en el peso de la camada. Dos dietas experimentales, 32 y 55 % AGP totales fueron asignadas aleatoriamente a 50 cerdas desde la primera semana antes del parto hasta los 21 d postparto. Muestras de leche (día del parto y 14 d después) se recolectaron para determinar el perfil de AG. El peso vivo y espesor de grasa dorsal en las cerdas se registró a los 42 d de gestación, una semana antes del parto y 21 d posparto, así como los días de retorno al estro y el número de servicios por concepción. En la camada se registró el peso de los lechones al nacimiento y al destete. La proporción de AG saturados y monoinsaturados fue mayor en la dieta con 32 % que con 55 % AGP, pero ello no modificó el peso vivo ni la reproducción posparto en las cerdas. La grasa de la leche de las cerdas alimentadas con 32 % AGP tuvo mayor saturación que con 55 % AGP, pero ello no modificó el peso de los lechones. Un mayor grado de AGP en la dieta incrementa el AGP de la grasa de la leche, sin afectar el peso vivo de la cerda y su camada.

Palabras clave: aceite, ácidos grasos poliinsaturados, cerdas, manteca.

ABSTRACT

The level of polyunsaturated fatty acids (PUFA) in sow's diet can modify their productive and reproductive performance, as well as the level of PUFA in milk fat; especially in the proportions of omega 3 and 6. This study aimed to compare the effects of two levels of dietary polyunsaturated fatty acids (FA) on milk's profile, live weight and reproductive activity of sows, as well as on the litter weight. Two experimental diets, 32 and 55 % of total PUFA, were randomly assigned to 50 sows; starting from the first week before parturition until 21 d post-parturition. Milk samples were collected (parturition day and 14 d after) to measure the FA profile. The live weight and backfat thickness in sows were recorded at 42 d of gestation, one week before parturition, and 21 d post-parturition; the days until return to estrus and the number of services per conception were also recorded. In the litter, the piglets' weight at birth and weaning were recorded. The proportion of saturated and monounsaturated FA was higher in the diet with 32 % of PUFA, as compared with the 55 % diet, but this did not affect the live weight nor the post-parturition reproduction in sows. The milk fat of sows fed with 32 % of PUFA had a higher saturation level than the one from sows fed with 55 % of PUFA; this had no effect on the piglets' weight. A higher degree of dietary PUFA increases the PUFA of milk fat without affecting the sow's live weight and that of its litter.

Keywords: oil, polyunsaturated fatty acids, sows, lard.

INTRODUCTION

In intensive pig production, several sources of fat and oil are used as a source of energy and polyunsaturated fatty acids (PUFA). The potential

*Autor responsable ❖ Author for correspondence.

Recibido: junio, 2018. Aprobado: octubre, 2018.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 52: 133-141. 2018.

INTRODUCCIÓN

En la producción intensiva de cerdos se utilizan diversas fuentes de grasas y aceites como fuentes energéticas y de ácidos grasos poliinsaturados (AGP). El efecto potencial de los AGP, en especial los omegas esenciales 3 y 6, se estudió en los últimos 30 años (Rosero *et al.*, 2015). En las granjas localizadas en regiones con temperaturas mayores a 25 °C, en cerdas de líneas hiperprolíficas, la adición de grasa es una práctica nutricional habitual, ya que, al substituir parcialmente los cereales por grasa o aceites como fuente energética, se reduce el calor metabólico (Muns *et al.*, 2016).

La adición de grasa en la dieta de las cerdas durante la última fase de gestación incrementa la producción y calidad del calostro y de la leche (Vicente *et al.*, 2013), y dependiendo del grado de poliinsaturación de la grasa utilizada, es posible modificar el tamaño del glóbulo de grasa en la leche y en calostro (Lauridsen y Danielsen, 2004; Lauridsen y Jensen, 2007). En la glándula mamaria, la grasa de la leche se secreta en forma de glóbulos, los cuales entre mayor sea su tamaño, la absorción intestinal en lechones será menor (Bai *et al.*, 2017). En la leche de cerdas, los glóbulos de grasa en la leche más pequeños se encuentran cuando consumen dietas con aceites de coco y palma con proporciones altas en ácido láurico, mirístico y palmítico, mientras que glóbulos grasos de tamaño mayor se obtienen con aceite de soya y de pescado con ácidos grasos (AG) de mayor poliinsaturación (Briard *et al.*, 2003).

Los AG esenciales de cadena larga $\Omega 3$ y $\Omega 6$ contribuyen en el desarrollo y la función del cerebro y del sistema inmune de los lechones durante la gestación y lactación (Rossi *et al.*, 2010); un ejemplo es el ácido docosahexaenoico (DHA) que participa en la formación de la retina y el encéfalo en neonatos (Simopoulus, 1986). Las dietas de cerdas reproductoras se basan principalmente en cereales con niveles bajos en $\Omega 3$, lo que podría limitar la salud y desarrollo de los lechones en los primeros días de vida (Rooke *et al.*, 2001). De esta forma la adición de grasas y aceites como fuentes de AG esenciales durante la gestación en la dieta de las cerdas puede mejorar no solo la calidad de la leche o el desarrollo de los lechones, sino también la condición corporal y actividad reproductora de la cerda (Posser *et al.*, 2018).

effect of PUFA, especially omega 3 and 6, was studied in the last 30 years (Rosero *et al.*, 2015). In farms located in regions with temperatures higher than 25 °C, in hyperprolific sows, the addition of fat is a common nutritional practice, by partially replacing cereal with fat or oil as an energy source the metabolic heat decreases (Muns *et al.*, 2016).

The addition of fat to sows' diet during the last stage of gestation increases the production and quality of colostrum and milk (Vicente *et al.*, 2013), and according to the polyunsaturation level of the fat used, it is possible to modify the size of the fat globule in the milk and colostrum (Lauridsen and Danielsen, 2004; Lauridsen and Jensen, 2007). The mammary gland secretes milk fat in the form of globules, the larger their size, the lesser they are absorbed by the piglets' intestine (Bai *et al.*, 2017). The milk from sows fed a diet with coconut and palm oil has smaller fat globules, with high proportions of lauric, myristic and palmitic acids; meanwhile, larger fat globules are obtained with soybean and fish oils with fatty acids (FA) of higher polyunsaturation (Briard *et al.*, 2003).

The essential long chain FAs, $\Omega 3$ and $\Omega 6$, contribute to the development and function of the brain and immune system of piglets during gestation and lactation (Rossi *et al.*, 2010); an example is docosahexaenoic acid (DHA), that participates in retina and brain formation in newborns (Simopoulus, 1986). Reproductive sows' diets are based on cereals with low levels of $\Omega 3$, which could limit the health and development of piglets during their first days of life (Rooke *et al.*, 2001). The addition of fats and oils to the sow's diet, as sources of essential FA during gestation, can enhance the milk quality, the piglets' development, the body condition and the sow's reproductive activity (Posser *et al.*, 2018).

Lard contains 37 % of saturated fatty acids (SFA), 52 % of monounsaturated FA (MFA) and 11 % of PUFA (Kasprzyk *et al.*, 2015), while soybean oil has 18 % of SFA, 24 % of MFA, and 58 % of PUFA (Chowdhury *et al.*, 2007). The addition of lard reduces the PUFA of the diet's fat, especially of omegas 3 and 6, thus the DHA, which has shown beneficial effects in the weight change of sows and their litter also decreases (Rosero *et al.*, 2015). Therefore, the aim of this study was to compare the effect of two diets with 32 and 55 % of PUFA, fed to reproductive sows, on the milk fatty acid profile, the live weight, the post-parturition reproduction, and the litter weight.

La manteca de cerdo contiene 37 % de AG saturados (AGS), 52 % monoinsaturados (AGM) y 11 % AGP (Kasprzyk *et al.*, 2015), mientras que el aceite de soya contiene 18 % de AGS, 24 % de AGM y 58 % AGP (Chowdhury *et al.*, 2007). Así, la adición de manteca de cerdo reduce los AGP de la grasa de la dieta, en especial omegas 3 y 6 y por tanto la DHA el cual ha mostrado efectos benéficos en el cambio de peso de las cerdas y su camada también se reduce (Rosero *et al.*, 2015). Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue comparar el efecto de dos dietas con 32 y 55 % AGP en la dieta de cerdas reproductoras sobre el perfil de AG de la leche, el peso vivo, la reproducción posparto y el peso de la camada.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en una granja comercial del municipio de Emiliano Zapata, estado de Veracruz, México (19° 27' 28" N; 96° 45' 57" O), con clima AW (Kottek *et al.*, 2006) y humedad y temperatura promedio de 43 % y 26 °C, respectivamente. Cincuenta cerdas multíparas de 23 a 38 meses de edad y 42 d de preñez se alojaron en jaulas de gestación individuales (65 cm ancho×220 cm largo) con piso de cemento, bebederos tipo niple, y comederos individuales. A los 7 d antes de la fecha de parto las cerdas se alojaron en jaulas de maternidad (2.2×2.4 m), con piso tipo *slat*[®], con área para lechones (1.0×1.2 m).

Las cerdas gestantes y en lactación se alimentaron con dietas con 32 o 55 % AGP (Cuadro 1). Las dietas se formularon con niveles similares de energía y proteína para gestación (42 d preñez a una semana antes del parto) y en lactación (hasta los 21 d postparto). Las dietas experimentales se asignaron aleatoriamente a 50 cerdas. La proteína cruda, fibra cruda y el extracto etéreo de las dietas experimentales se cuantificaron por la metodología de la AOAC (2005). Para la dieta 32 % AGP se utilizó manteca de cerdo (Los Portales S.A. de C.V., Estado de México), mientras que para la de 55 % AGP se utilizó aceite de soya (Industrial Patrona, S.A. de C.V. Córdoba, México); ambas, son ingredientes alimenticios convencionales utilizados en granjas comerciales de climas cálidos.

El día del parto y 14 d después, se recolectaron por ordeña manual 20 mL de leche de cada cerda, los cuales se conservaron a -18°C para su análisis posterior. En las camadas se registró el tamaño y peso al nacimiento, peso al destete y se calculó la ganancia diaria de peso. Las cerdas se pesaron a los 42 d de gestación, 7 d antes del parto, y a los 21d después del parto. Paralelo a estos pesajes se registró el espesor de grasa dorsal por ultrasonografía mediante un equipo Renco Lean Meter[®], (Minnesota, EUA). Además, se registraron los días de retorno al estro post destete y el número de servicios por concepción.

MATERIALS AND METHODS

The study was conducted in a commercial farm in Emiliano Zapata municipality, Veracruz, Mexico (19° 27' 28" N; 96° 45' 57" W), with AW climate (Kottek *et al.*, 2006) and humidity and an average temperature of 43 % and 26 °C, respectively. Fifty multiparous sows of 23 to 38 months of age and 42 d of pregnancy were accommodated in individual gestation crates (65 cm wide×220 cm long) with cement floor, nipple waterers, and individual feeding troughs. Seven days before parturition, sows were accommodated in maternity crates (2.2×2.4 m), with *slat* floor and space for piglets (1.0×1.2 m).

Gestating and lactating sows were fed diets with 32 or 55 % of PUFA (Table 1). Diets were formulated with comparable energetic and protein levels for gestation (42 d before pregnancy to one week before parturition) and lactation (until 21 d after parturition). Experimental diets were assigned randomly to 50 sows. The AOACs' methodology (2005) was used to quantify raw protein, raw fiber, and etereous extract. Lard was used for the diet with 32 % of PUFA (Los Portales S.A. de C.V., Estado de México), the diet with 55 % of PUFA had soybean oil (Industrial Patrona, S.A. de C.V. Córdoba, Mexico); both are common feeding ingredients in commercial farms in warm climates.

On parturition day and 14 d after, 20 mL of milk were collected from each sow by manual milking; the milk was kept at 18 °C until further analysis. In the litter, the size and weight at birth were recorded, as well as the weight at weaning; the daily weight gain was calculated. Sows were weighted at 42 d of gestation, seven days before parturition, and 21 d after parturition. Parallel to the weighting, the backfat thickness was also determined by ultrasound with a Renco Lean Meter equipment, (Minnesota, USA). Besides, the days until return to estrus after weaning and the number of services per conception were also recorded.

For the FA profile, the feed samples, milk, and colostrum were analyzed by the Ruíz *et al.* (2004) technique and a modified Berdeaux *et al.* (1999) technique using gas chromatography (HP model 6890 GC, California USA) with flame ionization detector and a HP-INNOWax polyethylene glycol column (30 m×0.316 mm×0.25 m; initial injection at 170 °C with increases of up to 210 °C, 3.5 °C per min). The chromatograms were integrated with the retention time patterns of polyunsaturated FA of marine origin (PUFA Sigma-Aldrich, Darmstadt, Germany).

Data were analyzed as a completely random design, with two treatments (32 and 55 % of PUFA), 25 sows per treatment. The live weight, weight gain and backfat thickness in sows were analyzed by repeated measures analysis of variance (42 d before parturition, one week before the probable date of parturition, and 21 d after parturition), MIXED procedure of SAS was used (SAS

Cuadro 1. Ingredientes y análisis proximal de las dietas experimentales.
Table 1. Ingredients and proximal analysis of experimental diets.

	Gestación		Lactancia	
	32 % AGP	55 % AGP	32 % AGP	55 % AGP
Ingredientes, g kg ⁻¹				
Sorgo	536	536	601	601
Soya	113	113	200	200
Salvado de trigo	293	293	120	120
Carbonato de calcio	8	8	12	12
Fosfato dicálcico	5	5	10	10
Premezcla vitaminas y minerales [†]	5	5	3	3
Sal común	4	4	4	4
L-lisina HCl			5	5
DL-metionina			5	5
Manteca de cerdo	36		40	
Aceite de soya		36		40
Análisis proximal				
Proteína cruda, g kg	14.2	14.0	16.0	16.1
Fibra cruda, g kg	47.7	47.5	37.5	37.7
Grasa, g kg	5.9	5.8	6.1	6.2
Energía metabolizable, Mcal kg ⁻¹ [‡]	2.99	2.98	3.26	3.25

AGP: ácidos grasos poliinsaturados. [†]Premezcla que proporciona por kg de alimento: vitamina A: 10 000 UI; vitamina D3: 2 000 UI; vitamina E: 26.7 UI; vitamina B1: 1.3 mg; vitamina B6: 1.3 mg; pantotenato de calcio: 13.3 mg; ácido nicotínico: 20 mg; biotina: 0.1 mg; ácido fólico: 0.1 mg; vitamina K3: 2 mg; Fe: 134 mg; Cu: 26.7 mg; Co: 0.30 mg; Zn: 133.3 mg; Mn: 76.7 mg; I: 1.3 mg; Se: 0.30 mg; Ethoxyquin: 150 mg. [‡]Cálculo basado en FEDNA (2006). [§]PUFA: Polyunsaturated fatty acids. [†]Premixture that provides per kg of feed: vitamin A: 10 000 IU; vitamin D3: 2 000 IU; vitamin E: 26.7 IU; vitamin B1: 1.3 mg; vitamin B6: 1.3 mg, calcium pantothenate: 13.3 mg; nicotinic acid: 20 mg; biotin: 0.1 mg; folic acid: 0.1 mg; vitamin K3: 2 mg; Fe: 134 mg; Cu: 26.7 mg; Co: 0.30 mg; Zn: 133.3 mg; Mn: 76.7 mg; I: 1.3 mg; Se: 0.30 mg; ethoxyquin: 150 mg. [‡]Calculation based on FEDNA (2006).

Para el perfil de AG, las muestras de alimento, leche y calostro se analizaron por la técnica de Ruíz *et al.* (2004) y una modificación de la técnica de Berdeaux *et al.* (1999) utilizando un cromatógrafo de gases (HP™ modelo 6890 GC, California, EUA) con detector de ionización de flama y una columna HP-INNOWax polyethylene glycol (30 m×0.316 mm×0.25 μm; inyección inicial a 170 °C con incrementos de hasta 210 °C a razón de 3.5 °C por min). Los cromatogramas se integraron mediante el patrón de tiempos de retención de AG poliinsaturados de origen marino (PUFA Sigma-Aldrich, Darmstadt, Alemania).

Los datos se analizaron como un diseño completamente al azar, con dos tratamientos (32 y 55 % PUFA) con 25 cerdas cada uno. El peso vivo, la ganancia de peso y el espesor de grasa dorsal en las cerdas se analizaron por análisis de varianza de medidas repetidas (42 d preparto, una semana antes de fecha probable de parto y 21 d postparto) se usó el procedimiento MIXED de SAS® (SAS Institute, Inc., 2004), donde los tratamientos y el tiempo de muestreo se consideraron como componentes fijos, y la cerda como componente aleatorio en

Institute, Inc., 2004), were treatments and sampling time were considered fixed components, while the sow was considered as a random component in the model. The FA profile, the days until return to estrus after parturition, the services per conception, size of the litter and the live weight of piglets were analyzed with the same procedure; the sow or piglet was considered random in the model.

RESULTS AND DISCUSSION

Fatty acids profile of diets

The FA profile was modified according to the FA profile of the fat source added and according to previous study reports (Rooke *et al.*, 2001; Lauridsen and Danielsen, 2004; Bail *et al.*, 2017). The unsaturation level of diets increased because of the addition of soybean oil, which contains 84 % of unsaturation (Woodgate and van der Veen, 2004) (Table 2).

el modelo. El perfil de AG de la leche, días de retorno al estro postparto, servicios por concepción, el tamaño de la camada y el peso vivo de los lechones se analizaron con el mismo procedimiento, donde la cerda o el lechón se consideraron aleatorios en el modelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Perfil de ácidos grasos de las dietas

El perfil de AG se modificó de acuerdo al perfil de AF de la fuente de grasa añadida como lo reportaron otros estudios (Rooke *et al.*, 2001; Lauridsen y Danielson, 2004; Bai *et al.*, 2017). El grado de insaturación de las dietas se aumentó por la adición del aceite de soya, el cual contiene 84 % de insaturación (Woodgate y van der Veen, 2004) (Cuadro 2).

Live weight and backfat thickness of sows

The mean live weight and backfat of sows during the experimental stage were similar in both groups (Table 3). Even though vegetable oils possess higher digestibility than animal origin fat (Jones *et al.*, 1992), as a result of the higher proportion of PUFA, other studies have not shown differences in the body condition of sows (Tilton *et al.* 1999; Vicente *et al.*, 2013; Bai *et al.*, 2017).

Profile of milk fatty acids

The FA with a higher proportion in sow's milk fat were: palmitic (C16:0), oleic (C18:1, n-9), and linoleic (C18:2, n-6). The milk fat saturation was less

Cuadro 2. Perfil de ácidos grasos de las dietas experimentales.
Table 2. Fatty acids profile of experimental diets

	Gestación		Lactancia	
	32 % AGP	55 % AGP	32 % AGP	55 % AGP
Ácido graso (%)				
C12:0	1.4	1.4	1.5	1.7
C14:0	1.0	0.2	0.9	0.1
C14:1	0.1	0.1	0.1	0.1
C16:0	19.4	12.9	19.8	12.6
C16:1, n-9	0.2	0.1	0.2	0.1
C16:1, n-7	1.3	0.3	1.4	0.2
C17:0	0.5	0.3	0.5	0.2
C17:1	0.2	0.1	0.2	0.1
C18:0	8.2	2.8	7.7	3.1
C18:1, n-9	33.3	24.7	33.8	25.0
C18:1, n-7	1.5	1.4	1.3	0.8
C18:2, n-6	29.5	49.6	29.3	49.8
C18:3 n-3	2.1	4.5	2.1	5.0
C20:1	0.7	0.4	0.7	0.4
C20:4, n-3	0.1	0.2	0.1	0.1
C20:5, n-3	0.2	0.5	0.2	0.5
C22:5, n-3	0.2	0.1	0.1	0.1
C22:6, n-3	0.1	0.4	0.1	0.1
AGS [†]	30.5	17.6	30.4	17.7
AGM [‡]	37.3	27.1	37.7	26.7
AGP [§]	32.2	55.3	31.9	55.6

[†] Ácidos grasos saturados (AGS) = $\sum$ C12:0, C14:0, C16:0, C17:0, C18:0. [‡] Ácidos grasos monoinsaturados (AGM) = $\sum$ C14:1, C16:1 n-9, C18:1 n-7, C17:1, C18:1 n-9, C18:1 n-7, C20:1. [§] Ácidos grasos poliinsaturados (AGP) = $\sum$ C18:2 n-6, C18:3 n-3, C20:4 n-3, C20:5 n-3, C22:5 n-3, C22:6 n-3. [❖] Saturated fatty acids (SFA) = $\sum$ C12:0, C14:0, C16:0, C17:0, C18:0. [‡] Monounsaturated fatty acids (MFA) = $\sum$ C14:1, C16:1 n-9, C18:1 n-7, C17:1, C18:1 n-9, C18:1 n-7, C20:1. [§] Polyunsaturated fatty acids (PUFA) = $\sum$ C18:2 n-6, C18:3 n-3, C20:4 n-3, C20:5 n-3, C22:5 n-3, C22:6 n-3.

Peso vivo y espesor de grasa dorsal de las cerdas

El peso vivo y la grasa dorsal de las cerdas promedio de la fase experimental fueron similares en ambos grupos (Cuadro 3). Aunque los aceites vegetales tienen una mayor digestibilidad que la grasa de origen animal (Jones *et al.*, 1992) debido a una mayor proporción de AGP, en otros estudios tampoco se observaron diferencias en la condición corporal de las cerdas (Tilton *et al.* 1999; Vicente *et al.*, 2013; Bai *et al.*, 2017).

Perfil de ácidos grasos de la leche

Los AG con mayor proporción en la grasa de la leche de las cerdas fueron el palmítico (C16:0), el oleico (C18:1, n-9) y el linoleico (C18:2, n-6). La saturación de la grasa de la leche fue menor en las cerdas que consumieron 55 % AGP que con 32 % AGP (Cuadro 4). Los antecedentes indican que la adición de grasas poliinsaturadas en la dieta de cerdas incrementa la poliinsaturación de la grasa de la leche y el calostro, ya que el balance energético negativo en el posparto temprano de la cerda causa una lenta movilización de reservas corporales y por tanto se prioriza el uso de la grasa de la dieta para la producción de leche, en lugar de la grasa subcutánea (Csapo *et al.*, 1996).

in sows fed with 55 % of PUFA, in contrast to the ones fed with 32 % PUFA (Table 4). The background indicates that the addition of polyunsaturated fats to sow's diet increases the polyunsaturation of the milk and colostrum fat, as the negative energetic balance in early postpartum generates a slow mobilization of body storage and, thus, the consumption of fat from diet is prioritized to produce milk, instead of the subcutaneous fat (Csapo *et al.*, 1996).

Size and weight of litters

The size and weight of litters at birth and weaning of the sows fed with 32 or 55 % of PUFA were similar (Table 5). In the milk and colostrum of sows, the consumption of the diet with 55 % of PUFA induces fat globules with greater digestibility and absorption (Junjie *et al.*, 2014), as well as with a higher content of IgA and IgG (Mitre *et al.*, 2005; Jin *et al.*, 2017). However, the weight of the litter was similar in both groups.

Reproductive activity after parturition

The days until return to estrus and the number of services per conception after weaning were similar in both groups. It is likely that dietary FA were mainly utilized by the mammary gland and secreted in milk

Cuadro 3. Peso vivo, ganancia de peso y grasa dorsal de cerdas alimentadas con 32 y 55% de AGP en la dieta.
Table 3. Live weight, weight gain and backfat of sows fed diets with 32 and 55 % of PUFA.

	Dietas experimentales		SEM	P
	32% AGP	55% AGP		
Peso vivo (kg)				
42 d de gestación	228.1	233.5	10.9	0.58
7d preparto	252.2	257.1	11.1	0.89
21 d postparto	218.4	223.3	9.82	0.79
Cambio de peso (kg)				
42d de gestación-7d preparto	24.1	23.5	2.81	0.89
7d preparto-21d postparto	-33.8	-33.5	2.91	0.39
Cambio de peso (kg/d)				
42d de gestación-7d preparto	0.32	0.31	0.05	0.89
7d preparto-21d postparto	-1.27	-1.19	0.09	0.39
Grasa dorsal (mm)				
Grasa dorsal a los 42 d de gestación	16.2	13.4	2.01	0.55
Grasa dorsal antes del parto	17.2	14.8	2.11	0.18
Grasa dorsal al destete	14.5	14.7	1.91	0.94

Cuadro 4. Perfil de ácidos grasos de la leche en el día uno y 14 de lactancia de las cerdas alimentadas con 32 y 55 % de AGP en la dieta.**Table 4. Milk fatty acid profile at day one and 14 of lactation in sows fed diets with 32 % and 55 % of PUFA.**

Ácido graso (%)	Día uno de lactación			Día 14 de lactación		
	32 % AGP	55 % AGP	SEM	32 % AGP	55 % AGP	SEM
C14:0	2.8 ^a	1.3 ^b	0.03	2.5 ^a	1.4 ^b	0.03
C16:0	29.0 ^a	20.7 ^b	0.03	28.6 ^a	23.4 ^b	0.04
C16:1, n-9	0.3 ^b	1.2 ^a	0.03	0.9	1.4	0.03
C16:1, n-7	5.9 ^a	1.5 ^b	0.04	4.6 ^a	1.7 ^b	0.05
C17:0	0.2	0.2	0.02	0.5 ^a	0.2 ^b	0.02
C17:1	0.7	0.8	0.04	0.9	0.8	0.03
C18:0	7.5 ^b	9.5 ^a	0.06	8.4	10.2	0.07
C18:1, n-9	26.5 ^a	24.4 ^b	0.05	31.3	28.7	0.09
C18:1, n-7	1.3	1.7	0.02	1.6	2.1	0.02
C18:2, n-6	16.3 ^b	25.2 ^a	0.06	12.7 ^b	16.4 ^a	0.07
C18:3, n-3	1.3 ^b	2.1 ^a	0.02	0.8	0.9	0.03
C18:4, n-3	0.1	0.1	0.01	0.2	0.1	0.01
C20:1, n-9	1.1	1.4	0.02	0.9 ^b	1.5 ^a	0.03
C20:4, n-6	1.3 ^b	2.7 ^a	0.04	2.2	3.5	0.06
C20:5, n-3	0.1	0.2	0.02	0.1	0.1	0.01
C22:1, n-9	2.5 ^a	1.6 ^b	0.05	1.6 ^b	2.0 ^a	0.04
C22:5, n-3	0.3	0.5	0.02	0.5	0.7	0.03
C22:6, n-3	2.8 ^b	4.9 ^a	0.07	1.7 ^b	4.9 ^a	0.06
AGS [†]	39.5 ^a	31.7 ^b	0.06	40.0 ^a	35.2 ^b	0.06
AGM [‡]	38.3 ^a	32.8 ^b	0.05	41.8	38.2	0.08
AGP [§]	22.2 ^b	35.5 ^a	0.05	18.2 ^b	26.6 ^a	0.04

[†]Ácidos grasos saturados (AGS) = $\sum$ C14:0, C16:0, C17:0, C18:0. [‡]Ácidos grasos monoinsaturados (AGM) = $\sum$ C14:1, C16:1 n-9, C18:1 n-7, C17:1, C18:1 n-9, C18:1 n-7, C20:1, n-9, C22:1, n-9. [§]Ácidos grasos poliinsaturados (AGP) = $\sum$ C18:2 n-6, C18:3 n-3, C20:4 n-3, C20:5 n-3, C22:5 n-3, C22:6 n-3. Valores promedio con distinta letra en una hilera son estadísticamente diferentes (Tukey $p < 0.05$). $\diamond$ [†]Saturated fatty acids (SFA) = $\sum$ C14:0, C16:0, C17:0, C18:0. [‡]Monounsaturated fatty acids (MFA) = $\sum$ C14:1, C16:1 n-9, C18:1 n-7, C17:1, C18:1 n-9, C18:1 n-7, C20:1, n-9, C22:1, n-9. [§]Polyunsaturated fatty acids (PUFA) = $\sum$ C18:2 n-6, C18:3 n-3, C20:4 n-3, C20:5 n-3, C22:5 n-3, C22:6 n-3. Mean values with different letter in a row are statistically different (Tukey $p < 0.05$).

Tamaño y peso de las camadas

El peso y tamaño de las camadas al nacimiento y al destete de las cerdas alimentadas con 32 o 55 % AGP en la dieta fue similar (Cuadro 5). En la leche y el calostro de las cerdas, el consumo de la dieta con 55 % AGP induce glóbulos grasos con mayor digestibilidad y absorción (Junjie *et al.*, 2014), así como mayor contenido de IgA e IgG (Mitre *et al.*, 2005; Jin *et al.*, 2017). Sin embargo, el peso de la camada fue similar para ambos grupos.

Actividad reproductora posparto

Los días de retorno al estro y el número de servicios por concepción después del destete fueron similares para ambos grupos de cerdas. Es probable que los AG de la dieta se usaron mayormente por la

during early postpartum, and, therefore, they did not modify the sow's reproductive activity, as it is reported in other studies (Kongsted and Hermansen, 2009; Park *et al.*, 2010).

Linoleic acid is the precursor of essential reproductive hormones; like prostaglandin F2, that intervenes in several reproductive stages, like ovulation, luteous regression, uterine implantation and involution (Weems *et al.*, 2006). Nevertheless, with the fat concentrations utilized and under tropical climate conditions, no effect of this FA on the reproductive activity of the sow was observed.

CONCLUSIONS

Under these experimental conditions, no effects of the levels of PUFA in diet were observed in the live weight and the reproductive activity of sows, nor

Cuadro 5. Tamaño y peso de las camadas de cerdas alimentadas con dietas con 32 y 55 % de AGP en la dieta.**Table 5. Size and weight of litters from sows fed diets with 32 and 55 % of PUFA.**

	Dietas experimentales		SEM	P
	32 % AGP	55 % AGP		
Tamaño de las camadas, n				
Nacidos totales	11.2	11.8	0.50	0.45
Nacidos vivos	10.6	10.8	0.46	0.67
Destetados	9.2	9.8	0.24	0.51
Peso de las camadas, kg				
Nacidos totales	16.5	16.1	0.15	0.33
Nacidos vivos	15.9	16.2	0.19	0.80
Destetados	57.5	57.8	0.21	0.76
Peso individual de los lechones, kg				
Nacidos totales	1.4	1.4	0.13	0.71
Nacidos vivos	1.5	1.5	0.11	0.69
Destetados	6.5	6.0	1.31	0.49
Supervivencia al destete %	76.2	85.2	0.24	0.20

glándula mamaria y se secretaron en la leche durante el posparto temprano, por lo cual no modificaron la actividad reproductora de la cerda, como se reporta en otros estudios (Kongsted y Hermansen, 2009; Park *et al.*, 2010).

El ácido linoleico es un precursor de hormonas importantes en la reproducción, como la prostaglandina F2 α que interviene en diversas etapas de la reproducción como la ovulación, regresión lútea, implantación e involución uterina (Weems *et al.*, 2006). No obstante, con las concentraciones de grasa utilizadas y bajo las condiciones de clima tropical, no se observó efectos de este AG sobre la actividad reproductiva de la cerda

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones experimentales, no se observaron efectos de los niveles de AGP de la dieta en el peso vivo y la actividad reproductora de la cerda, ni sobre el tamaño y el peso de la camada. Estos hallazgos muestran que se puede manipular el grado de saturación e insaturación en la leche de cerdas con la adición de grasa animal o aceite vegetal en las dietas de parto y lactancia.

LITERATURA CITADA

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2005. Official methods of analysis. 18th ed. AOAC. Arlington, VA, USA. 201 p.

on the size and weight of the litter. These findings show that the level of saturation and unsaturation in the milk of sows can be managed with the addition of animal fat or vegetable oil to pre-parturition and lactation diets.

—End of the English version—



- Bai, Y. S., C. Q. Wang, X. Zhao, B. M. Shi, and A. S. Shan. 2017. Effects of fat sources in sow on the fatty acid profiles and fat globule size of milk and immunoglobulins of sows and piglets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 234: 217-227.
- Berdeaux, O., G. R. Márquez, and C. Dobarganes. 1999. Selection of methylation procedures for quantitation of short-chain glycerol-bound compounds formed during thermoxidation. *J. Chromatogr.* 2: 171-181.
- Briard, V., N. Leconte, F. Michel, and M. C. Michalski. 2003. The fatty acid composition of small and large naturally occurring milk fat globules. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 105: 677-682.
- Chowdhury, K., L. A. Banu, S. Khan, and A. Lalif. 2007. Studies on the fatty acid composition of edible oils. *Bangladesh J. Sci. Ind. Res.* 42: 311-316.
- Csapo, J., T. G. Martin, Z. S. Csapokiss, and Z. Hazas. 1996. Protein, fats, vitamin and mineral concentration in porcine colostrum and milk from parturition to 60 days. *Int. Dairy J.* 6: 881-902.
- FEDNA (Federación Española para el desarrollo de la Nutrición Animal). 2006. Necesidades nutricionales para el ganado porcino. *In: De Blas, C. y Mateos, G. Normas FEDNA. Escuela Superior de Ingenieros Agrónomos. Madrid, España.* pp: 5-24.

- Jin, C., Z. Fang, Y. Lin, L. Che, C. Wu, S. Xu, B. Feng, and J. Li. 2017. Influence of dietary fat source on sow and litter performance, colostrum and milk fatty acid profile in late gestation and lactation. *Anim. Sci. J.* 88: 1768-1778.
- Jones, D. B., J. D. Hancock, D. L. Harmon, and C. E. Walker. 1992. Effects of exogenous emulsifiers and fat sources on nutrient digestibility, serum lipids, and growth performance in weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 70: 3473-3482.
- Junjie, X. U., J. Huang, Z. Song, and X. Wang. 2014. Effect of carbon chain length of fatty acids on simulated digestion in vitro of triglyceride. *China Oils Fats* 39: 49-52.
- Kasprzyk, A., M. Tyra, and M. Babicz. 2015. Fatty acid profile from local and commercial breed. *Arch. Anim. Breed.* 58: 379-385.
- Kongsted, A. G., and J. E. Hermansen. 2009. Sow body condition at weaning and reproduction performance in organic piglet production, *Acta Agric. Scand. Anim. Sci.* 59: 93-103.
- Kortek, M., J. Grieser., C. Beck., B. Rudolf, and F. Rubel. 2006. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorology* 15: 259-263.
- Lauridsen, C., and V. Danielsen. 2004. Lactational dietary fat levels and sources influence milk composition and performance of sows and their progeny. *Liv. Prod. Sci.* 91: 95-105.
- Lauridsen, C., and S. K. Jensen. 2007. Lipid composition of lactational diets influences the fatty acid profile of the progeny before and after suckling. *Animal* 1: 952-962.
- Mitre, R., M. Etienne, S. Martinais, H. Salmon, P. Allaupe, P. Legrand, and A. B. Legrand. 2005. Humoral defense improvement and hematopoiesis stimulation in sows and offspring by oral supply of shark-liver oil to mothers during gestation and lactation. *Br. J. Nutr.* 94, 753-762.
- Muns, R., J. Malmkvist, M. L. V. Larsen, D. Sørensen, and L. J. Pedersen. 2016. High environmental temperature around farrowing induced heat stress in crated sows. *J. Anim. Sci.* 94: 377-384.
- Park, M. S., P. L. Shinde, Y. X. Yang, J. S. Kim, J. Y. Choi, K. Yun, Y. W. Kim, J. D. Lohakare, B. K. Yang, J. K. Lee, and B. J. Chae. 2010. Reproductive performance, milk composition, blood metabolites and hormone profiles of lactating sows fed diets with different cereal and fat sources. *Asian-Austral. J. Anim. Sci.* 2: 226-233.
- Posser, C. J. M., L. M. Almeida, F. Moreira, I. Bianchi, B. G. Gasperin, and T. Lucia. 2018. Supplementation of diets with omega-3 fatty acids from microalgae: Effects on sow reproductive performance and metabolic parameters. *Liv. Sci.* 207: 59-62.
- Rooke, J. A., and A. G. Sinclair, and S. A. Edwards. 2001. Feeding tuna oil to the sow at different times during pregnancy has different effects on piglet long-chain polyunsaturated fatty acid composition at birth and subsequent growth. *Br. J. Nutr.* 86: 21-30.
- Rosero, D. S., J. Odle, A. J. Moeser, R. D. Boyd, and E. Van Heugten. 2015. Peroxidised dietary lipids impair intestinal function and morphology of the small intestine villi of nursery pigs in a dose-dependent manner. *Br. J. Nutr.* 114: 1985-1992.
- Rossi, R., G. Pastorelli, S. Cannata, and C. Corino. 2010. Recent advances in the use of fatty acids as supplements in pig diets: a review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 162: 1-11.
- Ruiz J., T. Antequera, A. I. Andrés, M. J. Petron, and E. Muriel. 2004. Improvement of a solid phase extraction method for analysis of lipid fractions in muscle foods. *Analytica Chimica Acta.* 520: 201-205.
- SAS Institute, Inc. 2004. SAS/STAT® 9.1 User's Guide. SAS Institute, Inc. Cary, NC: 5136 p.
- Simopoulus, A. P. 1986. Summary at the conference on the health effects of polyunsaturated fatty acids in seafoods. *J. Nutr.* 116: 2350-2354.
- Tilton, S. L., P. S. Miller, A. J. Lewis, D. E. Reese, and P. M. Ermer. 1999. Addition of fat to the diets of lactating sows: I. Effects on milk production and composition and carcass composition of the litter at weaning. *J. Anim. Sci.* 77, 2491-2450.
- Vicente, J. G, B. Isabel, G. Cordero, and C. J. López-Bote. 2013. Fatty acid profile of the sow diet alters fat metabolism and fatty acid composition in weanling pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 181: 45-53.
- Woodgate, S., and J. van der Veen. 2004. The use of fat processing and rendering in the European Union animal production industry. *Biotech. Agron. Soc. Environ.* 8: 283-294.