



**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS  
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO REPRODUCTIVO DE  
CERDAS SUPLEMENTADAS CON ÁCIDOS GRASOS POLI-  
INSATURADOS  $\omega$ -3.**

**Ivannia Paz Godoy Tapia**

Memoria para optar al Título  
Profesional de Médico Veterinario  
Departamento de Fomento de la  
Producción Animal.

PROFESOR GUÍA: Jaime Figueroa Hamed  
Universidad de Chile

SANTIAGO, CHILE  
2015



**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS  
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO REPRODUCTIVO DE  
CERDAS SUPLEMENTADAS CON ÁCIDOS GRASOS POLI-  
INSATURADOS  $\omega$ -3.**

**Ivannia Paz Godoy Tapia**

Memoria para optar al Título  
Profesional de Médico Veterinario  
Departamento de Fomento de la  
Producción Animal

Nota Final: .....

Firma:

Profesor Guía:	Jaime Figueroa Hamed	.....
Profesor Consejero:	María Sol Morales Silva	.....
Profesor Consejero:	Iñigo Díaz Cuevas	.....

SANTIAGO, CHILE

2015

## RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de suplementar con Ácidos Grasos Poliinsaturados omega 3 (AGPI  $\omega$ -3) la dieta de cerdas reproductoras sobre su rendimiento reproductivo, reflejado en su futura camada. Por 30 días a partir de 3 días previos al parto, 90 cerdas, 45 del Grupo Control (GC) fueron alimentadas con una dieta de lactancia y otras 45, Grupo Tratamiento (GT), con la dieta control más 5 g/kg de AGPI  $\omega$ -3 (Crandon S.A., Chile). Registrándose consumo de alimento diario y el rendimiento reproductivo de las cerdas en el parto siguiente. El consumo de alimento fue menor en GT durante la primera semana ( $P = 0,002$ ). En cerdas jóvenes ( $\leq 4$  partos), GT presentó mayor número de lechones nacidos totales ( $P = 0,002$ ) y nacidos vivos ( $P = 0,001$ ) que GC. No hubo diferencias ( $P > 0,05$ ) en el número de fetos momificados ni de ballicos entre grupos. En cerdas viejas ( $\geq 5$  partos), se obtuvo un menor número de ballicos en GT en comparación a GC ( $P = 0,021$ ). Sin embargo, el número de nacidos muertos fue mayor en GT que en GC ( $P = 0,026$ ). Posteriormente, GT presentó una elevada mortalidad nacimiento-destete, no existiendo diferencias en el número de kilos destetados entre grupos, sin obtenerse un beneficio económico para GT. Los resultados demuestran que la suplementación con AGPI  $\omega$ -3 tuvo efecto sobre los parámetros productivos de las cerdas jóvenes; siendo necesario esclarecer dicho aspecto en futuros estudios en el tema.

Palabras claves: Ácidos grasos  $\omega$ -3, cerdas, prolificidad.

## ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effects of supplementing with omega-3 polyunsaturated fatty acids (PUFAs  $\omega$ -3) the diets of breeding sows on their productive performance, reflected in future litter. For 30 days from three days before farrowing, 90 sows, 45 of the Control Group (CG) they were fed with a standard lactation diet; and Treatment Group (TG), with the same diet supplemented plus 5 g/kg of PUFA  $\omega$ -3 (Crandon SA, Chile).

It was recorded the daily feed intake, and the reproductive parameters in the next farrowing. Food consumption was lower in TG during the first week ( $P = 0.002$ ). In young sows (<4 births), TG had a higher total number of piglets born ( $P = 0.002$ ) and live births ( $P = 0.001$ ) than CG. There were no differences ( $P > 0.05$ ) in the number of mummified fetuses or ryegrass piglets between groups ( $P = 0.109$ ). In mature sows ( $\geq 5$  farrowing's) showed a lower number of ryegrass piglets in the TG in comparison with the CG ( $P = 0,021$ ). However, the number of piglets born dead in the TG was higher than that observed in the CG ( $P = 0.026$ ). GT subsequently presented a high birth-weaning mortality, no differences in the number of kilograms weaned between groups, without obtaining an economic benefit for GT. The results show that supplementation with  $\omega$ -3 PUFA had no effect on performance of young sows; It is necessary to clarify this aspect in future studies on the subject.

Keys words: polyunsaturated fatty acids  $\omega$ -3, prolificacy, sows.

## 1. INTRODUCCIÓN

La productividad de un plantel porcino depende, entre otros factores, del desempeño de las hembras que lo integran, siendo los kilogramos de cerdo producidos por hembra al año un índice altamente descriptivo de la rentabilidad del sistema. Para alcanzar un mayor número de kilogramos al año, el rendimiento reproductivo de las hembras debe ser óptimo (Saballo *et al.*, 2007). La fertilización de los óvulos liberados por la cerda es generalmente mayor al 95%, sin embargo, la mortalidad pre-natal puede alcanzar cifras del 35% al 50% de estos óvulos. Las mayores pérdidas ocurren durante el período embrionario temprano (entre el día 10 y el día 30; Edwards *et al.*, 2012) y el fetal (día 31 hasta día 70; Geisert y Schmitt, 2002). La disminución de la mortalidad pre-natal podría generar un mayor tamaño de camada de lechones nacidos vivos (TCNV) reflejándose en un aumento de la producción, siempre y cuando se cuente con óptimas condiciones ambientales y sanitarias, protocolos de homogenización de camadas y una alimentación adecuada de las madres para conseguir llevar al término de lactancia a la mayoría de los lechones (Edwards, 2002; Gunnarsson *et al.*, 2009).

El consumo de ácidos grasos poliinsaturados omega 3 (AGPI  $\omega$ -3) por cerdas reproductoras podría tener un efecto benéfico sobre sus crías, afectando, entre otros parámetros, el tamaño de camadas al nacimiento (Smits *et al.*, 2011; Tanghe y De Smet, 2013). El ácido linolénico (ALA C18:3) AGPI  $\omega$ -3 es un ácido graso esencial, que el animal no es capaz de sintetizar en el organismo y por lo tanto requiere obtenerlo a través de la dieta. Éste ácido graso y los sintetizados a partir de ALA en otros ácidos grasos de cadenas más largas, son fundamentales para el desarrollo del feto (Innis, 1991). Especialmente importante es el ácido docosahexaenoico (DHA C22:6  $\omega$ -3), como un componente estructural de membranas de fosfolípidos y que presenta una alta concentración en el cerebro y retina (Stillwell y Wassall, 2003).

En humanos, se ha descrito que el consumo de AGPI  $\omega$ -3 durante la preñez y lactancia puede influir en la salud y desarrollo fetal de los infantes (Olsen *et al.*, 1991). Durante el embarazo, dietas ricas en AGPI  $\omega$ -3 podrían incrementar el peso al nacimiento y prolongar

la preñez, reduciendo así la incidencia y severidad de partos prematuros (Uauy *et al.*, 2000; Church *et al.*, 2008). En otros mamíferos, se ha reportado una disminución en la producción de citoquinas pro-inflamatorias (Gulliver *et al.*, 2012), tales como inter-leuquina 1 (IL-1), inter-leuquina 6 (IL-6) y factor de necrosis tumoral- $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ), además de la expresión y secreción en las células inmunes periféricas, suprimiendo la respuesta inflamatoria de los animales (Zhao *et al.*, 2005). También se ha demostrado el efecto antiinflamatorio a través del periodo de lactancia de los lechones, de cerdas alimentadas con aceite de pescado (Fritsche *et al.*, 1993).

En el ámbito reproductivo de las cerdas, la suplementación con AGPI  $\omega$ -3 antes o durante la gestación podría mejorar la supervivencia prenatal, tal como se ha observado en otras especies, a través de un aumento del tamaño de los folículos, un aumento en la tasa de ovulación, en la calidad de los ovocitos y la supervivencia fetal, cuya consecuencia sería el incremento de TCNV (Zeron *et al.*, 2002; Gulliver *et al.*, 2012; Tanghe *et al.*, 2013). Diferentes estudios han revelado que la incorporación de aceite de pescado en la dieta de cerdas lactantes podría mejorar el crecimiento de lechones jóvenes (Rooke *et al.*, 2000; Zhao *et al.*, 2005) debido al efecto antiinflamatorio e inmunomodulador de los AGPI  $\omega$ -3, especialmente el ácido eicosapentaenoico (EPA C20:5  $\omega$ -3) y el DHA, con la consiguiente mejora del crecimiento, condición corporal final y el tiempo de comercialización de los cerdos (Luo *et al.*, 2013).

Diversos países han desarrollado investigación relacionada con la suplementación de AGPI  $\omega$ -3 en cerdas utilizando diferentes dosis y tiempos de administración, obteniéndose resultados diversos (Perez-Rigau *et al.*, 1995; Gunnarsson *et al.*, 2009; Smits *et al.*, 2011). Sin embargo, en Chile, no se ha evaluado el efecto de la administración de AGPI  $\omega$ -3 sobre las posibles mejoras en los parámetros reproductivos de las cerdas bajo condiciones locales de manejo y ambiente. La presente memoria de título tuvo como objetivo evaluar el efecto de la suplementación de AGPI  $\omega$ -3 en cerdas reproductoras sobre su rendimiento reproductivo posterior, reflejado en el tamaño de sus camadas y los kilos de lechón destetados.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en un plantel productivo comercial ubicado en la Región Metropolitana, comuna de Melipilla. Los procedimientos fueron aprobados por el Comité de Bioética de la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile; Certificado N°10-2014.

### *Animales y procedimiento:*

Noventa cerdas reproductoras (Large White X Landrace) y sus respectivas subsiguientes camadas fueron utilizadas con el objetivo de estudiar el efecto de la administración de AGPI  $\omega$ -3 (Crandon S.A., Santiago, Chile). Dos semanas antes de la fecha estimada de parto (100 días de gestación), las cerdas fueron asignadas a dos grupos experimentales: Grupo Control (GC, n: 45) y Grupo Tratamiento (GT, n: 45). La homogeneidad de ambos grupos se estableció mediante el número ordinal de partos (NOP), tamaño de camada de nacidos vivos anterior (NVA de su último parto) y espesor de grasa dorsal (EGD). El EGD fue determinado en el punto P<sub>2</sub> (entre la segunda vértebra lumbar y la última costilla, a 6 cm al lado derecho de la línea media) con ultrasonido (Renco<sup>®</sup>, Renco Corporation, USA).

Las cerdas fueron desplazadas desde el área de gestación hacia las maternidades 3 días antes de la fecha estimada de parto en donde se alojaron en jaulas parideras de maternidades con temperatura ambiental controlada (15-23°C), humedad controlada mediante la apertura y cierre de lucarnas y la activación de extractores de aire presentes en cada sala. Las cerdas fueron identificadas individualmente a través de crotales numerados, y los lechones a través de muescas en las orejas. Al momento del destete, se evaluó la condición de las cerdas a través de la observación del estado de sus pezuñas, glándulas mamarias, NOP, condición corporal, EGD, y presencia de alguna enfermedad, para así establecer su continuación en la segunda etapa del ensayo.

Los lechones nacidos durante el parto subsiguiente permanecieron con sus respectivas madres hasta el destete (21 días post parto). La homogenización de camadas se realizó de manera constante durante las dos primeras semanas de vida de los lechones, entre cerdas

pertenecientes al mismo grupo experimental y con la ayuda de hembras nodrizas, logrando obtener finalmente tamaños de camada de 13,95 ( $DE \pm 3,79$ ) lechones, de acuerdo a la cantidad de pezones funcionales de cada hembra. Dentro de cada jaula, los lechones tuvieron acceso a un área climatizada (lámparas calefactoras) y se les suministró acceso ilimitado a agua potable. Se les ofreció “creep feed”, o alimento sólido en lactancia de manera *ad-libitum*, a partir del día 10 de vida a todas las camadas a través del uso de un alimentador de bandeja.

#### *Parámetros productivos evaluados:*

Durante la primera fase experimental (suplementación de AGPI  $\omega$ -3 en las cerdas), se evaluó el consumo de alimento de las cerdas durante la lactancia, dividido en tres periodos (1-7 días; 8-14 días y 15-21 días) con el fin de calcular el consumo medio diario de alimento y si este fue afectado por la incorporación de AGPI  $\omega$ -3.

En la segunda fase experimental, al momento del parto se registró: número de lechones nacidos totales (TCNT), nacidos vivos (TCNV), nacidos muertos (NM), fetos momificados (M) y lechones ballicos (BA, de < 700 g). Los lechones de ambos grupos fueron pesados a los días reales de vida 0, 10 y 19, permitiendo el cálculo de la ganancia diaria de peso (GDP) de los animales. Adicionalmente, se registraron las muertes producidas durante la lactancia estimando la mortalidad pre-destete.

#### *Dietas:*

Durante el periodo experimental ambos grupos de cerdas (GC y GT) consumieron de manera *ad-libitum* una dieta de lactancia formulada para satisfacer sus necesidades nutricionales (NRC, 2012). Las hembras del GT recibieron los AGPI  $\omega$ -3 diariamente, a razón de 5 g/kg de alimento directamente en el comedero. La administración se extendió por un período de 30 días consecutivos, comenzando desde el ingreso de las cerdas a la sala de maternidad (3 días previos a la fecha probable del parto), continuando los 21 de lactancia, para finalizar 6 días tras el destete. Se registró el consumo diario de alimento de

las hembras, calculándolo como la diferencia entre lo ofrecido y el rechazo. Se tomaron muestras del alimento de ambos grupos, las que posteriormente fueron sometidas a análisis químico proximal (AQP; AOAC, 2002) en el Laboratorio de Nutrición Animal del Departamento de Fomento de la Producción Animal de la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile (Tabla 1).

**Tabla 1:** Composición nutricional de dietas destinadas a cerdas en lactancia y gestación, en base a materia fresca.

Componentes	Grupo control		Grupo tratamiento	
	Lactancia	Gestación	Lactancia	Gestación
Materia Seca (%)	89,1	87,8	88,2	87,9
Proteína Total (%)	17	11,7	16,6	11,6
Fibra Cruda (%)	3,6	5,4	3,9	5,0
Extracto Etéreo (%)	4,4	3,5	4,6	3,4
Extracto No Nitrogenado (%)	58,7	62,4	57,8	62,9
Cenizas (%)	5,4	4,8	5,3	5,0

## Análisis estadístico

Los datos fueron analizados a través de un Análisis de Varianza mediante el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS<sup>®</sup>. Durante la primera fase experimental del ensayo se evaluó el consumo diario de alimento de las cerdas durante la lactancia en tres periodos (1-7 días; 8-14 días y 15-21 días), para estimar posibles diferencias de consumo entre grupos. El modelo matemático utilizado fue el siguiente:  $Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \sigma_l + \alpha\gamma_{ik} + e_{ijkl}$ , en donde  $Y_{ijkl}$  es el consumo de alimento;  $\mu$ , la media general;  $\alpha_i$ , la dieta administrada (GC o GT);  $\beta_j$ , el NOP (jóvenes:  $\leq 3$  partos, o viejas:  $\geq 4$  partos);  $\gamma_k$ , el EGD (alta:  $> 16$ mm, media: 13-15mm, baja:  $< 12$ mm);  $\sigma_l$ , el TCNV (alto:  $> 14$ , medio: 13 y 14, bajo:  $< 12$ );  $\alpha\gamma_{ik}$ , la interacción entre el grupo experimental y el EGD; y  $e_{ijkl}$  es el error experimental aleatorio.

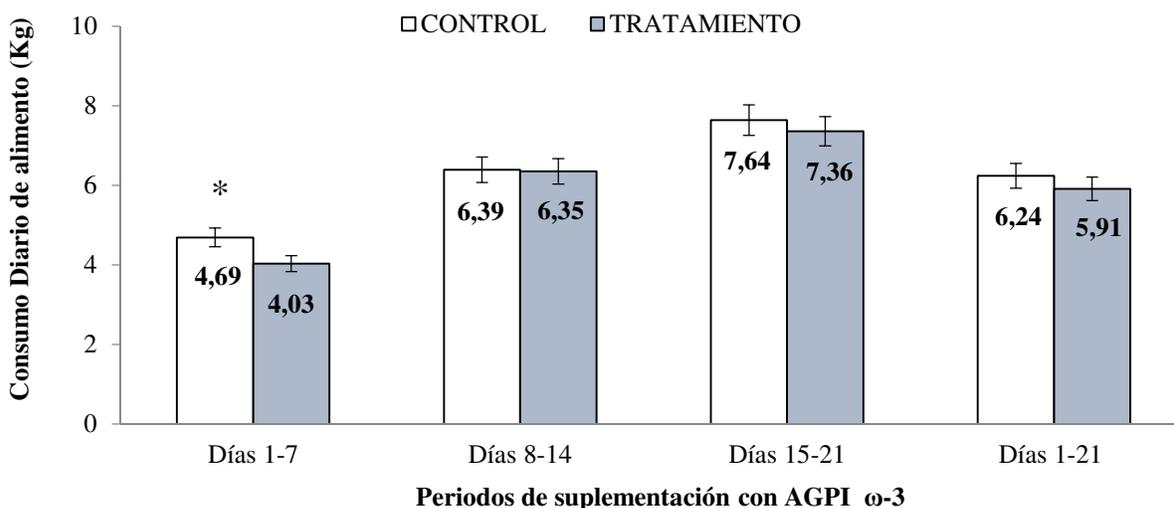
Durante la segunda fase del ensayo, en el parto subsiguiente de las hembras, se analizaron los siguientes parámetros productivos: NOP, TCNT, TCNV, NM, M, BA (pesos menores a 700 g al parto), pesos vivos de los animales a los días 0, 10 y 19 de vida, y la GDP de los animales (periodos de 0-10 días, 10-19 días y 0-19 días). El modelo utilizado fue el siguiente:  $Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \sigma_l + \alpha\gamma_{jk} + e_{ijkl}$ , en donde  $Y_{ijkl}$  es el TCNT, TCNV, NM, MO, BA, Peso y GDP;  $\mu$  la media general;  $\alpha_i$  la dieta administrada (GC o GT);  $\beta_j$  el EGD (alta  $> 16$ mm, media 13-15mm, baja  $< 12$ mm);  $\gamma_k$  el NVA nacidos vivos parto anterior (alto  $> 14$ , medio 13 y 14, bajo  $< 12$ );  $\sigma_l$  el NOP (jóvenes:  $\leq 4$  partos, o viejas:  $\geq 5$  partos);  $\alpha\gamma_{jk}$  la interacción entre el Grupo y el NVA y  $e_{ijk}$  el error aleatorio.

En ambos modelos estadísticos las medias fueron presentadas a través de LSMeans ajustándolas por Tukey y considerando un nivel de significación del 5%.

### 3. RESULTADOS

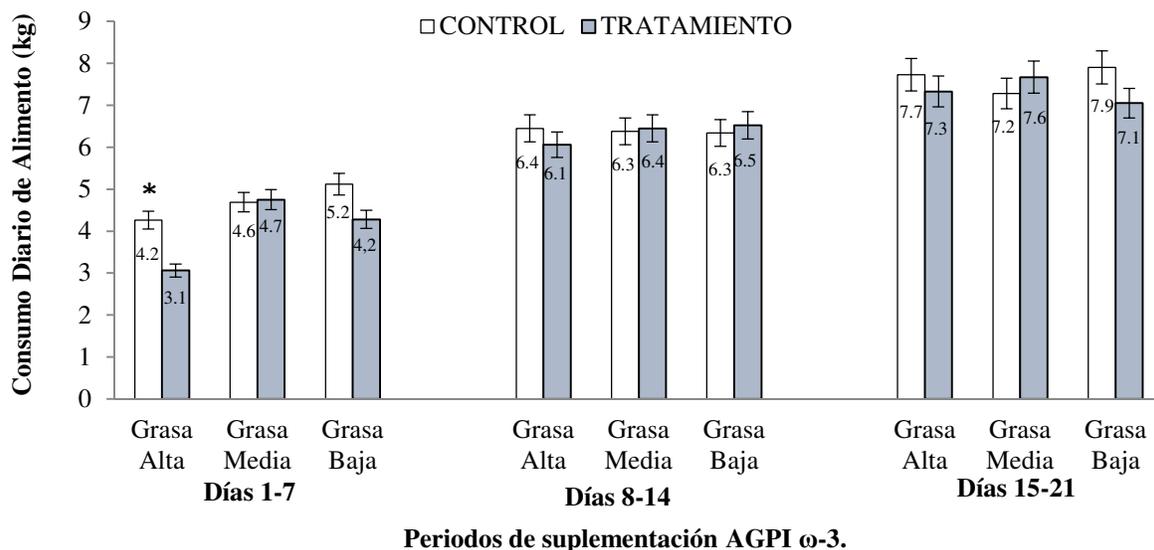
#### *Consumo de Alimento de las cerdas en la primera lactancia:*

El consumo de alimento de las cerdas según grupo experimental durante el primer periodo del ensayo se presenta en la Figura 1. Las hembras del GC mostraron un mayor consumo de alimento durante la primera semana de lactancia en comparación a las hembras que consumieron AGPI  $\omega$ -3 ( $P = 0,002$ ; Error Estándar ( $EE$ ) = 0,15 kg). Durante la segunda y tercera semana no se observaron diferencias de consumo entre el GC y GT ( $P = 0,822$ ;  $EE$  0,15 kg; y  $P = 0,21$ ;  $EE$  0,16 kg, respectivamente). Estas diferencias se explicarían por la interacción observada entre EGD y el grupo ( $P = 0,039$ ) (Figura 2), en donde las cerdas de elevado EGD pertenecientes al GT mostraron un menor consumo con respecto a cerdas de alto EGD del GC ( $P = 0,031$ ;  $EE$  0,27 kg), no existiendo diferencias entre grupos con otros niveles de EGD. Los consumos promedios de alimento diario (kg) tanto de cerdas jóvenes como viejas, son presentados en las figuras 3 y 4 respectivamente.

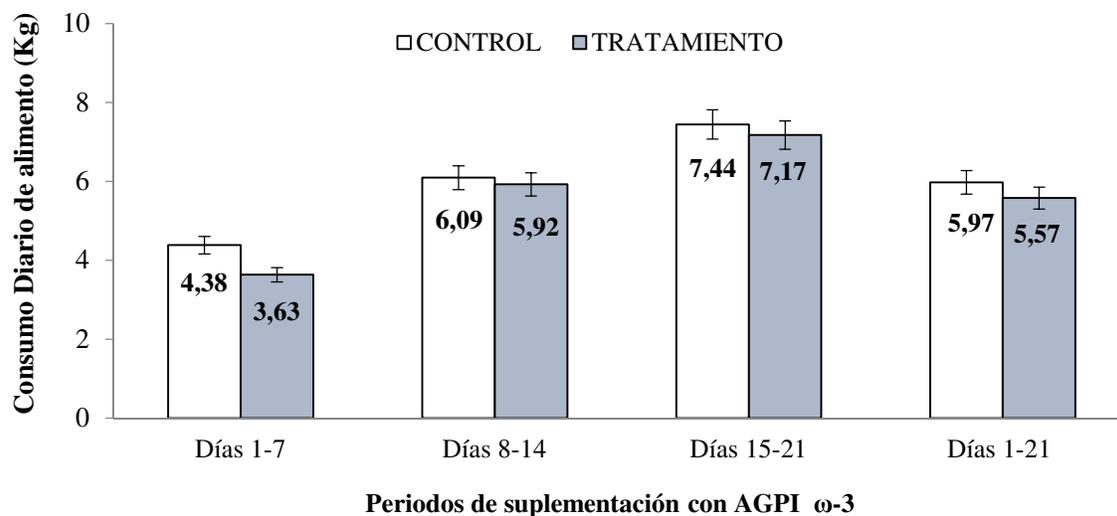


**Figura 1.** Consumo medio diario de alimento de cerdas lactantes tras la administración de una dieta de lactancia en el grupo control y una dieta lactancia más AGPI  $\omega$ -3 (ácidos grasos omega-3) en el grupo

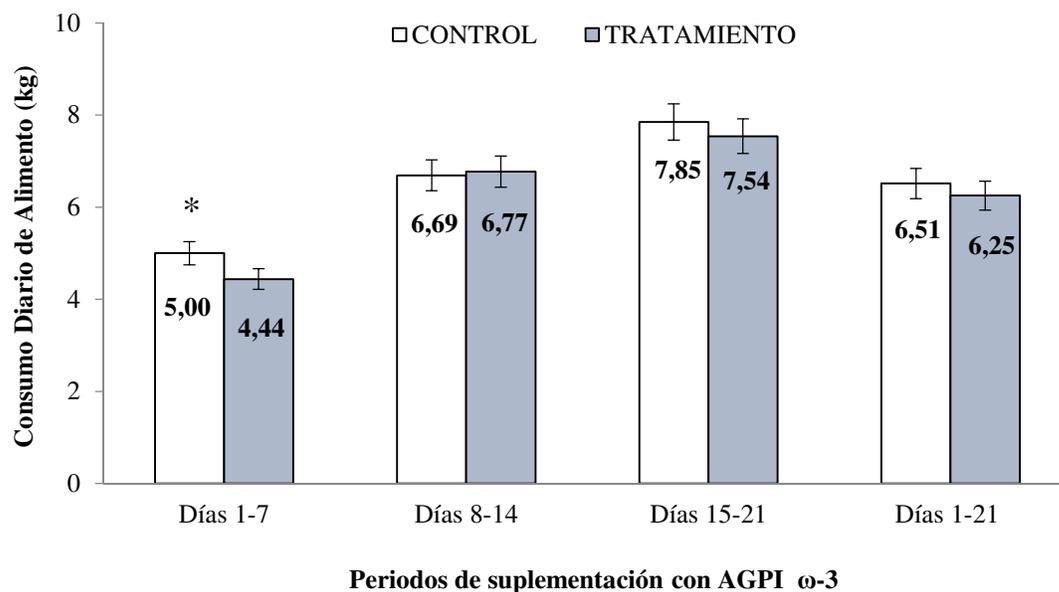
tratamiento, durante 21 días de lactancia dividida en tres periodos (1-7, 8-14 y 15-21 días). Los asteriscos indican que el consumo es diferente entre ambos grupos (\*P < 0,05).



**Figura 2.** Efecto del EGD (espesor de grasa dorsal) de cerdas (grasa alta  $\geq 16$  mm, grasa media 13-15 mm o grasa baja  $\leq 12$  mm) sobre su consumo medio diario de alimento tras la administración de una dieta de lactancia para el grupo control, y una dieta de lactancia más AGPI  $\omega$ -3 para el grupo tratamiento, durante 21 días de lactancia dividida en tres periodos (1-7, 8-14 y 15-21 días). Los asteriscos indican que el consumo es diferente entre ambos grupos (\*P < 0,05).



**Figura 3.** Consumo medio diario de alimento (kg) de cerdas Jóvenes ( $\leq 4$  partos) por grupo experimental (grupo control y tratamiento) durante 21 días de lactancia dividida en tres periodos (1-7, 8-14 y 15-21 días), tras la suplementación con AGPI  $\omega$ -3 (ácidos grasos omega-3).



**Figura 4.** Consumo medio diario de alimento (kg) de cerdas Viejas ( $\geq 5$  partos) por grupo experimental (grupo control y tratamiento) durante 21 días de lactancia dividida en tres periodos (1-7, 8-14 y 15-21 días), tras la suplementación con AGPI  $\omega$ -3 (ácidos grasos omega-3). Los asteriscos indican que el consumo es diferente entre ambos grupos (\* $P < 0,05$ ).

*Parámetros productivos de camadas subsiguientes:*

De las 90 cerdas que comenzaron el ensayo durante el periodo de administración del producto, 16 hembras no continuaron para la evaluación de los datos productivos de sus camadas (7 hembras del GC y 9 del GT), de acuerdo a los protocolos de evaluación realizados en el criadero.

Los parámetros productivos obtenidos de las camadas sub-siguientes, pertenecientes a cerdas de ambos grupos experimentales (GC y GT) se presentan en la Tabla 2. No observándose diferencias en ninguno de éstos.

**Tabla 2.** Efecto de la suplementación de AGPI  $\omega$ -3 sobre los parámetros productivos en las camadas sub-siguientes por grupo experimental (grupo control, GC y tratamiento, GT)<sup>1</sup>

Grupo Experimental.				
	GC	GT	EE. <sup>2</sup>	Valor-P
Número				
TCNT <sup>3</sup>	13,77	14,41	0,75	0,848
TCNV <sup>4</sup>	13,35	13,83	0,84	0,692
Nacidos muertos	0,14	0,34	0,11	0,208
Fetos momificados	0,36	0,24	0,14	0,527
Lechones ballicos	0,44	0,47	0,32	0,951
Peso (kg)				
0d	1,28	1,29	0,04	0,852
10d	3,58	3,53	0,14	0,825
19d	6,08	6,02	0,19	0,828
GDP (kg/d) <sup>5</sup>				
0-10d	0,23	0,22	0,01	0,771
10-19d	0,27	0,27	0,01	0,912
0-19d	0,25	0,25	0,01	0,797

<sup>1</sup>Valores correspondientes a LSMmeans.

<sup>2</sup>EE = error estándar.

<sup>3</sup>TCNT = tamaño de camada nacidos totales.

<sup>4</sup>TCNV = tamaño de camada nacidos vivos.

<sup>5</sup>GDP = ganancia diaria de peso.

*Hembras jóvenes ( $\leq 4$  partos):* Los datos productivos de los lechones provenientes de hembras jóvenes que consumieron dieta control o tratamiento se resumen en la Tabla 3. El TCNT y TCNV fue mayor en hembras que consumieron la dieta tratamiento con respecto a hembras control ( $P = 0,023$ ;  $EE 0,79$  y  $P < 0,001$ ;  $EE 0,78$ , respectivamente). No se observaron diferencias en el número de fetos momificados ( $P = 0,459$ ,  $EE 0,21$ ) ni en el número de nacidos muertos ( $P = 0,166$ ;  $EE 0,15$ ). Sin embargo, se presentó una tendencia a

que el número de ballicos fuera mayor en el grupo tratamiento ( $P = 0,109$ ;  $EE 0,17$ ). En los lechones que permanecieron con sus madres no se observaron diferencias, en el peso ni en la GDP de los animales entre el GC y el GT ( $P = 0,750$ ;  $EE 0,018$  kg).

**Tabla 3.** Efecto de la suplementación de AGPI  $\omega$ -3 en cerdas jóvenes ( $\leq 4$  partos) sobre los parámetros productivos de sus camadas subsiguientes por grupo experimental (grupo control, GC y tratamiento, GT)<sup>1</sup>

Grupo Experimental.				
	GC	GT	EE. <sup>2</sup>	Valor-P
Número				
TCNT <sup>3</sup>	11,59	15,34	0,75	0,002*
TCNV <sup>4</sup>	10,81	15,04	0,75	0,007*
Nacidos muertos	0,43	0,11	0,15	0,166
Fetos momificados	0,41	0,18	0,21	0,459
Lechones ballicos	0,15	0,33	0,17	0,109
Peso (kg)				
0d	1,36	1,35	0,07	0,956
10d	3,62	3,43	0,25	0,589
19d	5,99	5,82	0,36	0,748
GDP (kg/d) <sup>5</sup>				
0-10d	0,23	0,21	0,02	0,561
10-19d	0,26	0,27	0,01	0,924
0-19d	0,24	0,24	0,01	0,750

<sup>1</sup>Datos provenientes de un análisis de varianza incluyendo el efecto de la dieta (control o tratamiento) como factor principal. Los valores están presentados como LSMeans y ajustados por Tukey considerando un nivel de significación del 5%. Los asteriscos (\*) indican una diferencia entre tratamientos.

<sup>2</sup>EE = error estándar.

<sup>3</sup>TCNT = tamaño de camada nacidos totales.

<sup>4</sup>TCNV = tamaños de camada nacidos vivos.

<sup>5</sup>GDP = ganancia diaria de peso.

*Hembras Viejas ( $\geq 5$  partos):* Los datos productivos de los lechones provenientes de hembras viejas que consumieron dieta AGPI  $\omega$ -3 o control se resumen en la Tabla 4. Las hembras tratamiento presentaron un menor número de lechones ballicos ( $P = 0,029$ ;  $EE 0,55$ ) y mayor número de nacidos muertos ( $P = 0,026$ ;  $EE 0,14$ ). No se presentaron diferencias en el TCNT ( $P = 0,408$ ;  $EE 1,33$ ) ni en el número de momias ( $P = 0,523$ ;  $EE 0,25$ ) entre ambos grupos. En los animales que permanecieron con sus madres, no se

observaron diferencias en su peso a ninguna de las edades. Con respecto a la GDP de los animales no se observaron diferencias entre ambos grupos durante el primer periodo de lactancia (0-10 días) ni en el periodo total (0-19 días) ( $P = 0,353$ ;  $EE$  0,01 kg). Sin embargo, el grupo tratamiento mostró mayores GDP que el grupo control durante el segundo periodo de lactancia ( $P = 0,029$ ;  $EE$  0,01 kg).

**Tabla 4.** Efecto de la suplementación de AGPI  $\omega$ -3 en cerdas viejas ( $\geq 5$  partos) sobre los parámetros productivos de sus camadas subsiguientes por grupo experimental (grupo control, GC y tratamiento, GT)<sup>1</sup>

	Grupo Experimental		$EE.^2$	Valor-P
	GC	GT		
Número				
TCNT <sup>2</sup>	14,59	13,17	1,33	0,408
TCNV <sup>3</sup>	14,14	12,39	1,32	0,302
Nacidos muertos	0,16	0,58	0,14	0,026*
Lechones momificados	0,32	0,18	0,25	0,523
Lechones ballicos	1,77	0,06	0,55	0,029*
Peso (kg)				
0d	1,24	1,27	0,45	0,602
10d	3,60	3,56	0,15	0,831
19d	5,94	6,20	0,19	0,312
GDP (kg/d) <sup>4</sup>				
0-10d	0,24	0,23	0,01	0,698
10-19d	0,26	0,29	0,01	0,029*
0-19d	0,25	0,26	0,01	0,353

<sup>1</sup>Datos provenientes de un análisis de varianza incluyendo el efecto de la dieta (control o tratamiento) como factor principal. Los valores están presentados como LSMeans y ajustados por Tukey considerando un nivel de significación del 5%. Los asteriscos (\*) indican una diferencia entre tratamientos.

<sup>2</sup>EE = error estándar.

<sup>3</sup>TCNT = tamaño de camada nacidos totales.

<sup>4</sup>TCNV = tamaños de camada nacidos vivos.

<sup>5</sup>GDP = ganancia diaria de peso.

La mortalidad ocurrida durante el primer periodo de lactancia (0-10 días) en lechones provenientes de cerdas control y tratamiento se presenta en la Tabla 5. Se observa que las mortalidades de lechones provenientes de hembras GT, son mayores a las observadas GC, en ambos grupos etarios. La mortalidad de lechones provenientes de hembras jóvenes del

GT fue mayor al de las hembras viejas (11,45 y 9,41%, respectivamente), situación que se invirtió en el GC (5,35 y 6,91%, respectivamente. Durante el segundo periodo de lactancia (10-19 días), la mortalidad de los lechones fue prácticamente nula en ambos grupos experimentales.

**Tabla 5.** Mortalidad ocurrida durante el periodo de lactancia (0-19 días) de lechones provenientes de cerdas previamente alimentadas con AGPI  $\omega$ -3 o con dieta control

GRUPO	Tipo de hembras	N° de Lechones Día 0	N° de Lechones Día 19	Total Lechones destetados por grupo	% Mortalidad según tipo de hembra	% Mortalidad por grupo
TRATAMIENTO	Jóvenes (n15)	227	201	461	11,45	10,32
	Viejas (n21)	287	260		9,41	
CONTROL	Jóvenes (n19)	243	230	486	5,35	6,18
	Viejas (n19)	275	256		6,91	

El total de lechones muertos durante toda la fase experimental fue de 84 lechones (31 lechones del GC, y 53 lechones del GT). La mortalidad se concentró durante los primeros días de vida de los lechones, y ésta correspondió principalmente a lechones aplastados con un 85,7% y un 14,3% a lechones sacrificados de acuerdo a los protocolos del criadero.

#### *Impacto económico*

Si bien en este ensayo se observaron diferencias en el grupo de cerdas jóvenes, en el número de lechones nacidos vivos vinculados a la dieta suministrada, al momento del destete no existieron diferencias en cuanto al número de kg destetado por cerda. Esto implica que la administración de los AGPI  $\omega$ -3 durante la etapa previa y el costo asociado a

su administración no generaría beneficios económicos en las condiciones del presente ensayo.

La evaluación económica se realizó en términos de los costos directos por alimentación en el período de lactancia de las hembras de ambos grupos (GC y GT), considerando a las hembras que se mantuvieron en el parto subsiguiente del ensayo, el N° total de lechones destetados por tratamiento, el peso promedio del lechón destetado, los kg de lechón destetado por cerda y el total de kg de lechón destetado, el consumo total de alimento de la primera lactancia realizado por las hembras y el precio de las raciones de lactancia (Tabla 6).

**Tabla 6.** Valores productivos considerados según grupo experimental (grupo control, GC y grupo tratamiento, GT)

	GC	GT
N° de hembras <sup>1</sup>	38	36
N° lechones destetados <sup>1</sup>	486	461
N° lechones destetados por cerda	12,78	12,80
Peso promedio lechón destetado (kg) <sup>2</sup>	6,08	6,02
Kg. destetados por cerda	77,76	77,08
CMD <sup>3</sup> de alimento de cerdas por grupo experimental (kg/d) <sup>4</sup>	6,51	6,25
Precio ración de lactancia (\$/kg) <sup>5</sup>	210	231,6

<sup>1</sup>Ver Tabla 5.

<sup>2</sup>Ver Tabla 2.

<sup>3</sup>CMD = consumo medio diario.

<sup>4</sup>Ver Figura 1.

<sup>5</sup>Información entregada por la Empresa.

De acuerdo a esta información, se calculó para ambos grupos (GC y GT) los kg de lechón destetados, el consumo total de alimento de lactancia (kg), el costo total de alimentación de las hembras en el período de lactancia y, finalmente, el costo del kg de lechón producido o destetado por concepto de la alimentación de las hembras (Tabla 7).

**Tabla 7.** Cálculo costo kg lechón destetado según grupo experimental (grupo control, GC y grupo tratamiento, GT)

	GC	GT
Costo alimentación por cerda (\$)	41.013	43.425
Costo kg lechón destetado (\$)	527,43	563,37

Finalmente, al calcular el costo del kg de lechón destetado o producido por hembra, a través del costo total de alimento consumido por la hembra en su período de lactancia en relación a los kg de cerdo producido o destetado, se aprecia que producir un kg de animal con la ración que incluye AGPI  $\omega$ -3, tiene un mayor costo asociado de  $(563,37 - 527,43) = \$ 35,94/\text{kg}$  destetado.

#### 4. DISCUSIÓN

En el presente trabajo se planteó la hipótesis de que la administración de AGPI  $\omega$ -3 en cerdas durante su lactancia, mejoraría el rendimiento reproductivo posterior reflejado en mayores tamaños de lechones nacidos vivos y un mayor peso al destete. Como se pudo observar, la suplementación de AGPI  $\omega$ -3 en dietas de cerdas reproductoras jóvenes ( $\leq 4$  partos) provocó un aumento en el número de lechones nacidos totales y nacidos vivos. Estos resultados concuerdan con estudios previos en el área que han descrito mejoras en el tamaño de camada mediante el uso de distintos productos ricos en  $\omega$ -3, tales como harina de pescado (Palmer *et al.*, 1970), formas comerciales de AGPI  $\omega$ -3 (Webel *et al.*, 2004), o aceite de pescado (Smits *et al.* (2011), durante diferentes periodos y tiempo de administración. Sin embargo, este efecto no se observó en cerdas viejas ( $\geq 5$  partos) del mismo grupo.

Con respecto al consumo de alimento, éste se vio disminuido en las hembras del GT durante la primera semana de suplementación. Sin embargo, esta diferencia de consumo con respecto a hembras del GC desapareció en las siguientes semanas. Este efecto se podría explicar por un efecto de neofobia frente a dietas con ingredientes desconocidos (Graves, 1984; Goff y Klee, 2006). Las hembras que más disminuyeron su consumo dentro del GT fueron las que al momento del ingreso a maternidad se presentaron con un elevado EGD. Como se observa en mamíferos, hembras de elevada condición corporal deprimen su consumo voluntario de alimento durante el post-parto temprano, y este factor cobra gran

importancia sobre las cerdas lactantes ya que altos niveles de consumo de alimento durante un periodo de alimentación restringido, como lo es la gestación, podrían disminuir el consumo de alimento voluntario durante la lactancia (Roongsitthichai y Tummaruk, 2014). Estudios realizados por Head *et al.*, (1991) y Head y Williams (1991) mostraron que cerdas de alta condición corporal y con altos EGD presentaron una menor capacidad secretoria de leche. En estos casos el personal del criadero se ve obligado a realizar manejos para reducir el número de lechones de estas cerdas, lo que genera finalmente una disminución en su consumo voluntario de alimento.

Los resultados en la mejora reproductiva de las cerdas jóvenes tras la administración de AGPI  $\omega$ -3, concuerdan con estudios previos en los que se han descrito un aumento en el tamaño de camada de 0,5 lechones en chanchillas y de 1,2 lechones en cerdas de segundo parto al usar harina de pescado (Palmer *et al.*, 1970). También se ha observado una mejora de 0,8 lechones en cerdas con diferentes NOP cuando los AGPI  $\omega$ -3 se han entregado en formas comerciales (Webel *et al.*, 2004), y de 0,9 lechones en cerdas al usar aceite de pescado (Smits *et al.*, 2011), durante diferentes periodos y tiempo de administración en cada estudio. Esto puede tener varias explicaciones, Wathes *et al.* (2007) señalan que la suplementación con AGPI  $\omega$ -3 cobra gran importancia dado que se incorporan en las membranas celulares de los ovocitos, durante el periodo de fertilización. Además, son capaces de producir una alteración en la producción de eicosanoides a través de la modulación de los patrones de expresión de las enzimas claves implicadas en el metabolismo de las prostaglandinas y esteroides. También es posible que la suplementación de la dieta materna con AGPI  $\omega$ -3 pueda reducir la secreción de las prostaglandinas por el endometrio, alargando la vida útil del cuerpo lúteo y la supervivencia de los embriones (Gulliver *et al.*, 2012). De acuerdo a lo planteado por Smits *et al.* (2011) el efecto positivo observado en el tamaño de camada, se podría deber a este efecto directo de los AGPI  $\omega$ -3 sobre la supervivencia embrionaria. Asimismo, está descrito en diversas especies, como la oveja, en donde la suplementación con AGPI  $\omega$ -3 podría influenciar el número y calidad de folículos y ovocitos (Zerón *et al.*, 2002). En cerdas podría influir directamente en el desarrollo y supervivencia embrionaria de los embriones y fetos

(Quesnel *et al.*, 2010). Sin embargo el mecanismo de acción exacto aún no ha sido dilucidado.

Si bien en este estudio se observó que las hembras viejas ( $\geq 5$  partos) no presentaron diferencias con respecto al tamaño de camadas según la dieta administrada, el GT mostró un menor número de lechones ballicos. Este efecto podría atribuirse a la acción de los AGPI  $\omega$ -3 que cobrarían importancia en el desarrollo embrionario temprano (Brazle *et al.*, 2009). Por otra parte, el efecto positivo de la suplementación con AGPI  $\omega$ -3 se contradice a lo observado por Perez-Rigau *et al.* (1995), Rooke *et al.* (2001) y Estienne *et al.* (2006) quienes no obtuvieron respuesta en un aumento del número de lechones nacidos vivos tras la suplementación con AGPI  $\omega$ -3, ya fuera en chanchillas o cerdas con diferente NOP.

A pesar del efecto positivo sobre el número de lechones vivos al nacimiento observado con la administración de AGPI  $\omega$ -3 en hembras jóvenes, la mortalidad de estos lechones durante el periodo de lactancia fue mayor con respecto al grupo no suplementado, lo cual provocó que el número de lechones destetados, y por consiguiente de kilos destetados por cerda, no difirieran entre tratamientos, no alcanzando un beneficio económico importante. Un mayor número de animales al nacimiento tras la administración del aditivo podría generar un mayor número de lechones aplastados o que quedasen retrasados en su crecimiento al no poder ser llevados a término por sus madres. Según Andersen *et al.* (2000), entre el 5-25% de los lechones nacidos vivos muere antes del destete en las granjas comerciales, Tuchscherer *et al.* (2000) señala que el 14,3% de los lechones muere durante los primeros 10 días de vida. Al respecto, el aumento de lechones nacidos vivos observado en el presente ensayo originó la problemática de manejo de no contar con un número suficiente de hembras nodrizas durante los primeros días tras el parto, lo cual provocó que muchas hembras debieron amamantar camadas con un alto número de lechones por un mayor tiempo de lo esperado. Un elevado número de lechones nacidos vivos podría generar la incapacidad de las hembras de amamantar y llevar a término este número de crías.

En conclusión, la disminución en el consumo de alimento de las cerdas del GT observada en la primera semana de suplementación, se pudo deber al efecto de neofobia generado por la incorporación de AGPI  $\omega$ -3 en la dieta. Mientras que la suplementación con AGPI  $\omega$ -3 al final de la gestación e inicios de lactancia permitió aumentar el tamaño de camadas en

hembras jóvenes, efecto no observado en hembras viejas. Sin embargo, una elevada mortalidad nacimiento-destete, asociada a la hiperprolificidad observada en el GT, no permitió inferir estos efectos en términos de kilos de lechones destetados por hembra, en la que pudieron haber influido los manejos del plantel al momento de la homogenización y la disponibilidad de nodrizas.

Sería necesario realizar estudios adicionales que permitan dilucidar los mecanismos por los cuales se generan los efectos de AGPI  $\omega$ -3, evaluando dosis de administración, tiempo de suplementación además de definir el grupo etario al cual suplementar.

## **6. BIBLIOGRAFÍA**

- **ANDERSEN, I.; ANDENAES, H.; BOE, K.; JENSEN, P.; BAKKEN, M.** 2000. The effects of weight asymmetry and resource distribution on aggression in groups of unacquainted pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 68: 107-120.
- **AOAC.** 2002. Official methods of analysis of AOAC INTERNATIONAL. Arlington, Virginia, USA. The William Byrd. 2200p.
- **BRAZLE, A.; JOHNSON, B.; WEBEL, S.; RATHBUN, T.; DAVIS, L.** 2009. Omega-3 fatty acid in the gravid pig uterus as affected by maternal supplementation with omega-3 fatty acids. *J. Anim. Sci.* 87: 994-1002.
- **CHURCH, M.; JEN, K.; DOWHAN, L.; ADAMS, B.; HOTRA, J.** 2008. Excess and deficient omega-3 fatty acid during pregnancy and lactation cause impaired neural transmission in rat pups. *Neurotoxicol. Teratol.* 30: 107-117.

- **EDWARDS, S.** 2002. Perinatal mortality in the pig: environmental or physiological solutions?. *Livest. Prod. Sci.* 78: 3-12.
  
- **EDWARDS, A.; WESSELS, J.; KERR, A.; TAYADE, C.** 2012. An overview of molecular and cellular mechanisms associated with porcine pregnancy success or failure. *Reprod. Domest. Anim.* 47: 394-401.
  
- **ESTIENNE, E.; HARPER, A.; ESTIENNE, C.** 2006. Effects of dietary supplementation with omega-3 polyunsaturated fatty acids on some reproductive characteristics in gilts. *Reprod. Biol.* 6: 231-241.
  
- **FRITSCHKE, K.; ALEXANDER, D.; CASSITY, N.; HUANG, S.** 1993. Maternally-supplied fish oil alters piglet immune cell fatty acid profile and eicosanoid production. *Lipids.* 28: 677-682.
  
- **GEISERT, R.; SCHMITT, R.** 2002. Early embryonic survival in the pig: can be improved?. *J. Anim. Sci.* 80: 54-65.
  
- **GOFF, S.A.; KLEE, H.J;** 2006. Plant volatile compounds: sensory cues for health and nutritional value?. *Science.* 311: 815–819.
  
- **GRAVES, H.B.** 1984. Behavior and ecology of wild and feral swine (*Sus Scrofa*). *J. Anim. Sci.* 58: 482-492.
  
- **GULLIVER, C.; FRIEND, M.; KING, B.; CLAYTON, E.** 2012. The role of omega-3 polyunsaturated fatty acids in reproduction of sheep and cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 131: 9-22.
  
- **GUNNARSSON, S.; PICKOVA, J.; HÖGBERG, A.; NEIL, M.; WICHMAN, A.; WIGREN, I.; UVNÄS-MOBERG, K.; RYDHMER, L.** 2009. Influence of

sow dietary fatty acid composition on the behavior of the piglets. *Livest. Sci.* 123: 306-313.

- **HEAD, R.; WILLIAMS, I.** 1991. Mammogenesis is influenced by pregnancy nutrition. In: Batterham, E.S. (Ed.), *Manipulating Pig Production IV*, APSA, Werribee, 33p.
- **HEAD, R.; BRUCE, N.; WILLIAMS, I.** 1991. More cells might lead to more milk. In: Batterham, E.S. (Ed.), *Manipulating Pig Production IV*, APSA, Werribee, 76p.
- **INNIS, S.** 1991. Essential Fatty acids in growth and development. *Prog. Lipid Res.* 30: 39-103.
- **LUO, J.; HUANG, F.; XIAO, CH.; FANG, Z.; PENG, J.; JIANG, S.** 2013. Responses of growth performance and proinflammatory cytokines expression to fish oil supplementation in lactation sow's and/or weaned piglets 'diets. *Bio. Med. Res. Internat.* 1: 1-9.
- **NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC).** 2012. *Nutrient Requirements of Swine: NRC 2012 Models for Estimating Nutrient Requirements of pigs Case Studies.* 11th rev. ed. National Academy of Sciences. Washington DC, USA. 41p.
- **OLSEN, S.; HANSEN, H.; SOMMER, S.; JENSEN, B.; SORENSEN, T.; SECHER, N.; ZACHARIASSEN, P.** 1991. Gestational age in relation to marine n-3 fatty acids in maternal erythrocytes: a study in the Faroe Islands and Demark. *Am. J. Obstet. Gynecol.* 164: 1203-1209.
- **PALMER, W.; TEAGUE, H.; GRIFO, A.** 1970. Effect of whole fish meal on the reproductive performance of swine. *J. Anim. Sci.* 31: 535-539.

- **PEREZ-RIGAU, A.; LINDEMANN, M.; KORNEGAY, E.; HARPER, A.; WATKINS, B.** 1995. Role of dietary lipids on fetal tissue fatty acid composition and fetal survival in swine at 42 days of gestation. *J. Anim. Sci.* 73: 1372-1380.
  
- **QUESNEL, H.; BOULOT, S.; SERRIERE, S.; VENTURI, E.; MARTINATENCE, B.** 2010. Post-insemination level of feeding docs not influence embryonic survival and growth in highly prolific gilts. *Anim. Reprod. Sci.* 120: 120-124.
  
- **ROOKE, J.; SHANKS, M.; EDWARDS, S.** 2000. Effect of offering maize, linseed or tuna oils throughout pregnancy and lactation on sow and piglet tissue composition and piglet performance. *Anim. Sci.* 71: 289-299.
  
- **ROOKE, J.; SINCLAIR, A.; EDWARDS, S.; CORDOBA, R.; PKIYAH, S.; PENNY, P. C.; PENNY, P.; FINCH, A.; HORGAN, G.** 2001. The effect of feeding salmon oil to sows throughout pregnancy on pre-weaning mortality of piglets. *Anim. Sci.* 73: 489-500.
  
- **ROONGSITTHICHAJ, A.; TUMMARUK, P.** 2014. Importance of backfat thickness to reproductive performance in female pigs. *Thai J. Vet. Med.* 44: 171-178.
  
- **SABALLO, A.; LÓPEZ-ORTEGA, A.; MÁRQUEZ, A.** 2007. Causes of discarding pigs in farms of central western region of Venezuela during the 1996-2002 period. *Zootecnia Trop.* 25: 179-187.
  
- **SMITS, R.; LUXFORD, B.; MITCHELL, M.; NOTTLE, M.** 2011. Sow litter is increased in the subsequent parity when lactating sows are fed diets containing n-3 fatty acids from fish oil. *J. Anim. Sci.* 89: 2731-2738.

- **STILLWELL, W.; WASSALL, S.** 2003. Docosahexaenoic acid: Membrane properties of a unique fatty acids. *Chem. Phys. Lipids.* 126: 1-27.
- **TANGHE, S.; DE SMET, S.** 2013. Does sows reproduction and piglet performance benefit from the addition of n-3 polyunsaturated fatty acids to the maternal diet?. *Vet. J.* 197: 560-569.
- **TANGHE, S.; MISSOTTEN, J.; RAES, K.; VANGHEYTE, J.; DE SMET, S.** 2014. Diverse effects of linseed oil and fish oil in diets for sows on reproductive performance and pre-weaning growth of piglets. *Livest. Sci.* 164: 109-118.
- **TUCHSCHERER, M.; PUPPE, B.; TUCHSCHERER, A.; TIEMANN, U.** 2000. Early identification of neonates at risk: traits of newborn piglets with respect to survival. *Theriogenology* 5: 371-388.
- **UAUY, R.; MENA, P.; ROJAS, C.** 2000. Essential fatty acids in early life: structural and functional role. *Proc. Nutr. Soc.* 59: 3-15.
- **WATHES, D.; ABAYASEKARA, D.; AITKEN, R.** 2007. Polyunsaturated fatty acids in male and female reproduction. *Biol Reprod.* 77: 190-201.
- **WEBEL, S.; OTTO, E.; WEBEL, D.; MOSER, R.; SPENCER, J.; ORR, E.** 2004. Effect of protected n-3 polyunsaturated fatty acids (Fertillium™) on litter size in sows. *J. Anim. Sci.* 81(Suppl.1): 18 (Abstr.).
- **ZHAO, G.; ETHERTON, T.; MARTIN, K.; VANDEN, H.; GILLIES, P.; WEST, S.; KRIS-ETHERTON, P.** 2005. Anti-inflammatory effects of polyunsaturated fatty acids in THP-1 cells. *Biochem. Bioph. Res. Co.* 3: 909-917.

- **ZERON, Y.; SKLAN, D.; ARAV, A.** 2002. Effect of polyunsaturated fatty acid supplementation on biophysical parameters and chilling sensitivity of ewe oocytes. *Mol. Reprod. Dev.* 61: 271-278.