



FACULTAD DE AGRONOMÍA  
Universidad Nacional de La Pampa

## **EVALUACION DEL EXPELLER DE SOJA EN DIETAS DE CERDOS EN RECRÍA Y ENGORDE**

## **EVALUATION OF PRESS-EXTRACTED SOYBEAN EXPELLER IN PIG DIETS**

Med. Vet. Vanina Nerea Murcia

Trabajo de tesis para optar al Título de:

## **MAGISTER EN PRODUCCION AGROPECUARIA DE LA REGION SEMIARIDA**

FACULTAD DE AGRONOMIA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

Santa Rosa. La Pampa. Argentina



FACULTAD DE AGRONOMÍA  
Universidad Nacional de La Pampa

## **EVALUACION DEL EXPELLER DE SOJA EN DIETAS DE CERDOS EN RECRÍA Y ENGORDE**

## **EVALUATION OF PRESS-EXTRACTED SOYBEAN EXPELLER IN PIG DIETS**

Med. Vet. Vanina Nerea Murcia

**Director de tesis:** Mg. Franco, Raúl.

**Co- director de tesis:** PhD Pordomingo, Aníbal J.

**Integrantes del comité de tesis:**

PhD Volpi Lagreca, Gabriela.

PhD Pagella, Horacio.



FACULTAD DE AGRONOMÍA  
Universidad Nacional de La Pampa

## **EVALUACION DEL XPELLER DE SOJA EN DIETAS DE CERDOS EN RECRÍA Y ENGORDE**

## **EVALUATION OF PRESS-EXTRACTED SOYBEAN XPELLER IN PIG DIETS**

Med. Vet. Vanina Nerea Murcia

**Aprobado por:**

PhD. Maizon, Daniel.

Mg. Pasinato, Andrea.

Dr. Pighin, Darío.

## **AGRADECIMIENTOS**

A INTA, por darme la posibilidad de realizar un posgrado

A Aníbal Pordomingo y Raúl Franco por su dirección en el proceso de formación y realización de la Maestría.

A la Cooperadora de INTA Marcos Juárez y su personal (Pirincha, Marcos y Jorge) por la provisión de los animales y su colaboración en la realización del ensayo experimental.

A Lucy y Ana, por los momentos compartidos en mi estadía en INTA Marcos Juárez.

A Fati, Dani y Adri por su ayuda incondicional en el procesado de las muestras.

A mis compañeros de oficina, por los momentos compartidos.

A mis padres, hermanos y sobrino, por enseñarme el privilegio del estudio y confiar en mí en todo momento.

A Nicolás, mi compañero de vida, por su tiempo, paciencia y amor incondicional.

A todos los que formaron parte de este crecimiento personal y profesional.

A todos ellos: ¡GRACIAS!

## INDICE

Índice

Resumen

Abstract

1.Introducción.....	1
1.1    Caracterización de la producción porcina mundial y nacional .....	1
1.2    Alimentación en la producción porcina.....	1
1.3    Rendimiento productivo y características de la canal.....	4
1.4    Calidad de la carne.....	5
1.4.1    Color y pH.....	5
1.4.2    Marmoleado.....	6
1.4.3    Composición de lípidos del músculo <i>longissimus dorsi</i> (LD) y tejido adiposo.....	6
1.4.4    Ácidos grasos .....	7
1.4.6    Funciones de los lípidos en el organismo y su influencia en la salud .....	8
1.5    Consideraciones finales.....	10
1.6. Objetivos .....	11
1.6.1.    General.....	11
1.6.1.    Particular.....	11
1.7.    Hipótesis.....	11
2.Materiales y Métodos.....	12
2.1. Sitio y período de experimentación.....	12
2.2. Animales e instalaciones .....	12

2.3. Tratamientos .....	12
2.4. Espesor de grasa dorsal.....	14
2.5. Faena y rendimiento de la canal.....	14
2.6. Análisis físicos de la carne.....	15
2.7. Composición proximal y perfil de lípidos de la grasa intramuscular (GI) del músculo <i>longissimus dorsi</i> (LD) .....	15
2.8. Análisis estadístico .....	16
2.8 a Variables de comportamiento productivo.....	17
2.8 b Variables físicas y bioquímicas de la carne .....	17
3. Resultados y Discusión.....	18
3.1 Rendimiento productivo y características de la carcasa .....	18
3.2 Características físicas y químicas del <i>longissimus dorsi</i> (LD).....	18
3.3 Perfil de lípidos de la grasa intramuscular (GI) del <i>longissimus dorsi</i> (LD) .....	19
3.4 Perfil de lípidos de la grasa subcutánea (GS).....	19
3.5 Evaluación del costo económico de las raciones .....	20
4. Conclusiones.....	21
5. Bibliografía .....	28

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Contenido de nutrientes de los alimentos utilizados en las dietas de recría y terminación.....	22
Tabla 2: Composición de ingredientes y nutricional de las dietas ofrecidas en las etapas de recría y terminación .....	22
Tabla 3: Efectos de la inclusión creciente de expeller de soja en reemplazo de la harina de soja sobre el rendimiento productivo y eficiencia de la conversión de alimento a peso de cerdos en recría y terminación .....	23
Tabla 4: Efectos de la inclusión creciente de expeller de soja en reemplazo de la harina de soja sobre las características del canal y del músculo <i>longissimus dorsi</i> de los cerdos de recría y terminación ...	24
Tabla 5: Efectos de la inclusión creciente del expeller de soja en reemplazo de la harina de soja sobre el perfil de ácidos grasos de la grasa intramuscular del músculo <i>longissimus dorsi</i> de cerdos en recría y terminación.....	25
Tabla 6: Efectos de la inclusión creciente de expeller de soja en reemplazo de la harina de soja sobre el perfil de ácidos grasos de la grasa subcutánea dorsal de cerdos en recría y terminación .....	26
Tabla 7: Costo económico de la utilización de expeller de soja en reemplazo de la harina de soja en la alimentación de desarrollo y terminación del cerdo .....	27

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Biosíntesis de los ácidos grasos esenciales linoleico (AL C18:2 n-6) y linolénico (ALA C18:3 n-3) .....	9
--	---



## RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar la respuesta animal, calidad de la canal y de la carne de cerdos recriados y engordados con dietas con diferentes niveles de reemplazo de harina de soja por expeller de soja. Treinta y seis animales de  $40 \pm 2$  kg de peso vivo (PV) inicial fueron alimentados con 4 dietas isoproteicas (19 y 16 % para recría y engorde, respectivamente) compuestas por maíz, expeller y/o harina de soja y el núcleo vitamínico mineral, determinadas por el porcentaje de inclusión del expeller de soja como oferente proteico en reemplazo de harina de soja. Los tratamientos fueron identificados como: D0: 100% harina de soja (dieta control); D33: 33,3% expeller de soja, 66,7% harina de soja; D66: 66,7% expeller de soja, 33,3% harina de soja y la D100: 100% expeller de soja. Superados los 100 kg de PV se realizó la faena. No se encontraron diferencias ni contrastes significativos ( $P > 0,05$ ) en los parámetros productivos evaluados. La ganancia media diaria fue de  $895,5 \pm 0,04$  g, el índice de conversión promedio de  $2,4 \pm 0,33$  y el  $53 \pm 0,86$  % de magro. Los tratamientos establecidos no tuvieron efectos significativos ( $P > 0,05$ ) sobre las características físicas de la carcasa. Los valores promedios de pH a los 45 min y 24 h *post mortem* fueron de  $5,95 \pm 0,22$  y  $5,74 \pm 0,21$ , respectivamente. El color se puntúo con  $1,96 \pm 0,43$  y el marmoleado del *longissimus dorsi* (LD) se valoró con  $2,04 \pm 0,54$  según las cartillas estándar de National Pork Producers Council (NPPC, 2000), respectivamente. Los perfiles de lípidos del LD y de la grasa subcutánea no fueron afectados por las dietas ( $P > 0,05$ ). Se obtuvieron en promedio un 40% de AGS, 46% de AGMI y 14% AGPI y un 42 % AGS, 37,21 % AGMI y un 19,79 % AGPI para la grasa intramuscular del LD y la grasa subcutánea, respectivamente. El análisis económico de las dietas utilizadas determinó que, en el contexto económico actual, la utilización del expeller de soja disminuye los costos económicos de alimentación sin afectar rendimientos productivos, características de la canal ni calidad de la carne.

Palabras claves: ácidos grasos, calidad de la canal, rendimiento productivo.

## ABSTRACT

This study evaluated the effect of replacing soybean meal for press extruded soy beans (ExpS) in the diet on growth performance, meat quality parameters and fatty acid composition of the *longissimus dorsi* muscle of growing - fattening pigs. The experiment used 32 pigs. Eight animals were determined for each of following treatments: D1 (control diet) diet based on soybean meal with no ExpS, D2 which included 33.3% of ExpS and 67.3 % of soybean meal, D3 which included 67.3 % of ExpS and 33.3% of soybean meal, and D4 which included 100% ExpS. No treatment effects or significant contrasts were detected ( $P > 0.05$ ) for the parameters evaluated. Average daily weight gain was  $895.5 \pm 0.04$  g, the overall all average of gain: feed ratio was  $2.44 \pm 0.33$  and the overall lean yield was  $53 \pm 0.86$  % across treatments. Diet treatments did not affect ( $P > 0.05$ ) pH at 45 min and ultimate pH ( $5.95 \pm 0.22$  and  $5.74 \pm 0.21$ , respectively across treatments). Color and marbling scores of the LD muscle were  $1.96 \pm 0.43$ ;  $2.04 \pm 0.54$ , respectively. Likewise, no differences were detected ( $P > 0.05$ ) for the lipid groups and main single lipids of LD intramuscular fat or subcutaneous fat *longissimus dorsi* intramuscular lipid proportions of total lipids were comprised of 40 % SFA, 46%, MUFA, 14% PUFA. Subcutaneous fat proportions were 42 % SFA, 37.21 % MUFA and 19.79 % PUFA. In conclusion, this study suggests that press-extruded soybeans fed in the diet would have a similar response compared with soybean meal on performance and meat quality attributes in growing –fattening pig programs. The substitution would be cost effective.

Key words: fatty acids, carcass quality, grown performance

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Caracterización de la producción porcina mundial y nacional**

A nivel mundial, la producción porcina ha ido aumentando gradualmente. Según el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, 2019) en el año 2018, la producción alcanzó los 113,4 millones de toneladas de carne. De los cuales, el 50% fue producido en China, el 21% en la Unión Europea, el 11% en Estados Unidos y el 3% en Brasil. Argentina participa con el 0,53% de la totalidad de la producción.

Según estimaciones del Servicio Nacional y Calidad Agroalimentaria (SENASA) en nuestro país existen 5.120.000 cabezas porcinas con una marcada concentración en la región de la Pampa Húmeda (72 %), el resto se encuentran en las provincias de La Pampa, Salta, Chaco, Entre Ríos, Formosa, Santiago del Estero y San Luis (Brunori, 2012). Sólo el 20 % de las empresas se corresponde con las grandes empresas, más tecnificadas. Estas concentran el 54 % del stock de madres. El resto de la actividad se encuentra en manos de pequeños productores, con nula o escasa tecnificación y bajos índices productivos. Pese a estas características, el sector porcino argentino, posee condiciones naturales y sanitarias óptimas para crecer, autoabastecerse y exportar (Brunori, 2012). En 2017, según datos de la Asociación Argentina de productores porcinos, el consumo de carne de cerdo en la Argentina alcanzó los 14 kg/habitante/año, divididos en 11 kg de carne fresca y 3 kg de fiambres y chacinados. Según el Secretaria de Agroindustria (2019), Argentina se proyecta frente al “Plan Estratégico Agroalimentario y Agroindustrial Participativo y Federal, Argentina Líder Agroalimentario 2010-2020”, en un rol significativo como país productor de alimento, siendo la carne porcina la que mayor oportunidad tendría de posicionarse como carne sustituta, con un crecimiento cercano al 200%.

### **1.2 Alimentación en la producción porcina**

Según Borja y Medel (1998), una correcta estrategia de alimentación es aquella que permite expresar el máximo potencial de crecimiento muscular sin producir engrasamiento excesivo que deterioren los índices productivos y las características de la canal. Un aspecto clave en la alimentación es la relación que existe entre el consumo de alimento y la deposición proteica del animal. La formación diaria de tejido magro aumenta linealmente

con respecto al incremento de ingesta hasta que se alcanza la tasa máxima de deposición proteica. Todo el exceso de energía ingerida se retiene en forma de grasa, empeorando el índice de conversión (Whittemore, 1996).

Los estudios de crecimiento, no sólo relacionan el engrasamiento con la edad y el peso, sino que también tienen en cuenta, el nivel de nutrientes suministrados en relación con los requeridos por el animal (Whittemore, 1996). Al aumentar la proteína en la dieta, mejora la tasa de crecimiento de tejido magro, descendiendo en forma progresiva y proporcional el engrasamiento del cerdo (Whittemore, 1996). Por el contrario, cerdos alimentados con dietas bajas en proteína, aumentan la retención de energía metabolizable en los tejidos corporales, principalmente como grasa (Figuroa et al., 2004; LeBellego et al., 2001; Tuitoeket al., 1997; Kerr et al., 1995). Estudios realizados con suplementos de grasa animal en la dieta (2,23 vs 5,98 % ExtE) reportaron diferencias en el contenido proporcional de grasa intramuscular (Alonso et al., 2012).

En la producción porcina, la alimentación representa alrededor del 65 % de los costos de la producción. Por lo tanto, la correcta elección de los ingredientes ayuda a controlar el costo del alimento y produce efectos favorables en la salud del animal y en su rendimiento productivo (García Contreras et al., 2012).

En términos generales la dieta de cerdos está compuesta por un 60 – 63 % de aporte energético, 30 – 32 % del aporte proteico y el 5 – 10 % es suplemento que contiene vitaminas, minerales y aminoácidos esenciales, entre otros para cubrir los requerimientos de acuerdo a las categorías (Borja & Medel, 1998). Los granos de cereales, como el maíz, el sorgo, la cebada o el trigo, son los ingredientes principales de la mayoría de las dietas (aportan especialmente energía) para cerdos y generalmente proporcionan de 30 a 60 % de los requerimientos totales de aminoácidos. Pero se deben incorporar otras fuentes proteicas, como los derivados de soja, para asegurar las cantidades adecuadas entre los aminoácidos esenciales suministrados y los requeridos por el animal (NRC, 2012).

La lisina sería el principal aminoácido limitante en la dieta de los cerdos (Lewis, 2001). Estudios realizados por Szabo et al. (2001), determinaron que la reducción de lisina en la dieta disminuyó el porcentaje de carne magra en las canales porcinas con el consiguiente

aumento del tejido graso. Sin embargo, los estudios sobre el tema, realizados hasta el momento, han concluido que tanto la concentración de lisina como la de proteína se reducen al mismo tiempo, lo que dificulta atribuir el efecto observado a una de las dos variables (Tous et al., 2014; Conde-Aguilera et al., 2012; D'Souza et al., 2008; Costa et al., 2004; Wood et al., 2003).

El grano de soja contiene proteína de alta calidad por su contenido de lisina (2,3 % del total de aminoácidos) Es muy utilizada en las dietas porcinas porque su composición de aminoácidos complementa el perfil de los aminoácidos de los granos de maíz y de sorgo, utilizados como fuente energética (Bauza Devessi, 2016). Es una semilla oleaginosa que contiene el 20 % de aceite. El 54 % del total de ácidos grasos, es ácido linoleico (C18:2 n-6, AL) y el 8 % es ácido linolénico (C18:3 n-3, ALA). Teniendo en cuenta, que el contenido de aceite varía según sea grano de soja o sus derivados, (harina o expeller), el porcentaje de ácidos grasos insaturados tiene impacto en las características del tejido adiposo y el valor nutritivo de la carne de cerdos (Bauza Devessi 2016)

En Argentina, el 90 al 93 % del poroto de soja es procesado en empresas aceiteras cercanas a los puertos (Juan et al., 2015). Utilizan la técnica de extracción que combina el prensado con la utilización de hexano, como solvente. La **harina de soja** es el subproducto de esta manipulación, de la cual, el 80 % es destinada a la exportación y el resto es considerado el suplemento proteico de uso universal en la alimentación de monogástricos (Bauza, 2016). Por otro lado, existen numerosas pequeñas plantas procesadoras de soja, que destinan su producción al mercado interno (Juan et al., 2015). Estas empresas realizan la extracción del aceite combinando el extrusado con el prensado sin la utilización de solventes. El subproducto sólido de este proceso se denomina **expeller de soja** y es utilizado, en su totalidad, para la alimentación animal como oferente de proteínas (Juan et al., 2015). El expeller contiene 40 - 42 % de proteína bruta mientras que la harina de soja contiene entre el 45 - 47 %. El contenido de proteína del expeller es menor porque tiene más ExtE que la harina de soja (Méndez et al., 2010). Tanto el expeller como la harina de soja, son alimentos de alto valor nutritivo porque representan la fuente principal de proteínas y de aminoácidos esenciales monogástricos y rumiantes (Gallardo, 2005). Sin embargo,

existen diferencias nutricionales según el sistema de extracción de aceite utilizado (Méndez et al., 2010).

El expeller tiene un 8 – 9 % (base seca) de aceite remanente, mientras que la harina posee menos del 2 % (Lawrence et al., 2003; Juan et al., 2015). Esto se debe a que la extracción por solvente es más eficiente que la de extrusado y prensa. Por otro lado, la digestibilidad de la proteína del expeller sería mayor si se compara a la de la harina de soja, ya que la elevada temperatura de extrusión (140 °C) produce la gelificación de la proteína favoreciendo su digestibilidad (Méndez et al., 2010).

La extracción de aceite por extrusión y prensa produce materiales de mejor calidad que obtenida por la extracción con solventes. Tienen menor daño en la proteína y mayor contenido de aminoácidos esenciales, fundamentalmente lisina (Gallardo, 2005). Por el contrario, presenta puntos críticos en el procesamiento que deben controlarse para no perder la calidad del producto. Así, el exceso de temperatura produce la formación de productos indigestibles, mientras que valores bajos, determina la presencia de factores anti nutricionales (factores antitripsicos, ureasa y lectinas) que causan problemas de salud y, por ende, bajos rendimientos productivos (Juan et al., 2015; Méndez et al., 2010). Existe bibliografía que destaca la variabilidad de los resultados nutricionales del expeller de soja (Juan et al., 2015; Karr-Lilienthal, et al., 2005; Ferrin, 1935). Estudios realizados por Karr-Lilienthal et al., (2006) determinaron la variabilidad en la composición química y la calidad de los nutrientes del poroto de soja y del expeller de soja de siete plantas extrusoras de Estados Unidos, llegando a la conclusión de la existencia de gran variabilidad del expeller de soja presente en el mercado, debido a las temperaturas utilizadas en el procesamiento, reconociendo como óptimas aquellas superiores a 135 °C y hasta los 160 °C.

### **1.3 Rendimiento productivo y características de la canal**

La eficiencia de la producción porcina en Argentina se optimiza si se obtienen animales en el mercado con un peso vivo promedio de  $108 \pm 4$  kg en un máximo de 150 días, con una ganancia media diaria de peso vivo (GMD) superior a 600 g y el índice de conversión (IC, alimento a peso vivo) no mayor a 3 (Benítez et al., 2015).

La valoración de la calidad de la canal y de la carne de cerdo varía según la apreciación de los distintos eslabones de la cadena alimentaria. La característica principal es el contenido de carne magra (De Caro et al., 2005). La tipificación por el porcentaje de magro (relación músculo: grasa), permite clasificar las canales de acuerdo a criterios de calidad y orienta a la producción según las exigencias del mercado (Daumas, 2001). En Estados Unidos, Canadá, la Unión Europea, México y Argentina se han establecido sistemas de clasificación para dar transparencia en las transacciones comerciales y en la formación del precio de la carne. Así, se pretende obtener mayor precio por las canales que obtengan mejor conformación (Pérez, 2014)

El Ministerio de Economía en el año 1998, propuso bonificar las reses con una base de magro del 44 %, estimulando la incorporación de animales con mayor mérito genético. El sistema de tipificación de Argentina se basa en el uso de sondas de penetración que efectúan las mediciones del espesor de grasa dorsal y la profundidad del músculo *longissimus dorsi* (LD), con las que se estima el contenido de tejido magro de las canales porcinas, mediante una ecuación de predicción. Para ello se han homologado dos equipos, el Fat-O-Meter (FOM, SFK Technology, Dinamarca) y el Hennessy Grading Probe (HGP, Nueva Zelanda).

Por otro lado, la utilización de ultrasonido ha demostrado su eficacia para evaluar *in vivo* el espesor de la grasa dorsal y el área de ojo de bife (Ayuso et al. 2013; Hassen et al., 2004; Gresham et al., 1992). Además, estudios realizados en cerdos ibéricos demostraron que la tecnología de ultrasonido puede predecir, no sólo los rendimientos de la canal, sino también los cortes comerciales (Ayuso et al., 2013, 2014; Daza, et al., 2006).

#### **1.4 Calidad de la carne**

Calidad de carne, según Andersen et al. (2005), hace referencia a las características inherentes de la carne (valor nutricional, flavor (combinación de olor y sabor), textura, capacidad de retención de agua, color, terneza, perfil de lípidos y estabilidad oxidativa), al procesamiento y al almacenamiento. Sin embargo, el concepto se ha ido modificando de acuerdo a las exigencias de los consumidores y al mercado internacional (Cheng et al., 2017). Actualmente, se considera que la expresión calidad de la carne es compleja y

multivariada, influenciada por las interacciones de diferentes factores tales como: sistema de manejo, genotipo, raza, edad, alimentación, teniendo en cuenta, además, los aspectos relacionados con el medio ambiente, éticos y bienestar animal (Hocquette et al., 2012; Rodríguez et al., 2013).

#### 1.4.1 Color y pH

El pH se ha relacionado con varios atributos de la calidad de la carne del cerdo, incluidos el color, la capacidad de retención de agua y la terneza. En términos generales, el punto isoeléctrico de las proteínas corresponde a un pH 5, en el cual la capacidad de retención de agua es mínima, debido a la presencia de enlaces entre los grupos cargados positiva y negativamente. Por el contrario, al aumentar el pH, se incrementa la capacidad de retención de agua. (Hatton et al., 1972; Harmm 1961;). Hatton et al., (1972) incrementaron el pH final de la carne con inyecciones *ante mortem* de adrenalina, disminuyó el contenido de glucógeno muscular repentinamente, aumentando la capacidad de retención de agua de la carne. En adición, cuando el pH está cerca del punto isoeléctrico de las proteínas (5,2 – 5,5) la superficie de la carne se humedece y la reflectancia de la luz aumenta dando una apariencia pálida.

Según Boler et al. (2008), el mejor predictor del color es el pH 24 h *post mortem*. El color de la carne depende de la concentración de mioglobina (Mb), su estado de oxidación y de la estructura superficial del músculo (Berriain et al., 2009; Pordomingo, 2017). Cuando hay suficiente reserva energética en los músculos, el pH a los 45 min. *Post mortem* puede caer rápidamente por la producción de ácido láctico, debido a un estrés agudo (Van de Perre, et al., 2010; Boler et al., 2008; Bendall & Swatland, 1988). Esta caída brusca de pH, aun cuando la carcasa está caliente, provoca la desnaturalización de la miosina y proteínas sarcoplasmáticas (Laack Van, 2000; Bendall & Swatland, 1988) quedando un pH a las 24 h *post mortem* bajo. Este proceso da como resultado carnes pálidas con baja capacidad de retención de agua, conocidas como carnes pálidas, blandas y exudativas (PSE). Por otro lado, cuando los músculos agotan sus reservas energéticas con la producción de ácido láctico, se obtienen altos valores de pH a las 24 h *post mortem* (pH > 6) y como resultados se obtienen carnes oscuras y de alta capacidad de retención de agua llamadas carnes secas, firmes y oscuras (DFD, por sus siglas en inglés).



### **1.4.2 Marmoleado**

El marmoleado o marbling es un estimador indirecto del contenido de grasa intramuscular (GI) (Font-i-Furnols et al., 2012). El término se utiliza para identificar el veteado del músculo, cuando el contenido de grasa supera el 2% del peso del *longissimus dorsi* (Wood et al., 2008b). Asimismo, Cheng et al. (2017) y Font-i-Furnols et al. (2012) han demostrado que es el factor más importante para la aceptabilidad del consumidor, mientras que Brewer et al. (2001) sugieren que el 3% de GI es adecuado para beneficiar el flavor, la jugosidad, la ternura y la palatabilidad de la carne de cerdo. Por otro lado, el contenido de GI es de interés por su contenido de ácidos grasos (AG) y su relación con la salud humana (Scollan et al., 2006).

### **1.4.3 Composición de lípidos del músculo *longissimus dorsi* (LD) y tejido adiposo**

Los ácidos grasos totales representan en el músculo LD del cerdo alrededor del 1 a 4 % del peso fresco, contenidos en triglicéridos y fosfolípidos. Mientras que en el tejido adiposo los AG constituyen entre el 60 y el 90 % de peso, principalmente en la forma de triglicéridos (Wood et al., 2017; 2003).

Los triglicéridos son lípidos neutros que constituyen la familia más abundante de los lípidos localizados principalmente en tejido adiposo (Braun, 2012) y en menor medida entre las fibras musculares siendo influenciada por el contenido de grasa intramuscular que, generalmente, oscila desde el 0,2 % hasta el 5 % (Scollan et al., 2006; Wood et al., 2008a Wood & Enser, 2017). Por otra parte, los fosfolípidos están compuestos por una molécula de alcohol, dos cadenas de ácidos grasos y un grupo fosfato. Estas moléculas son el componente principal de las membranas celulares y representan alrededor del 10 – 40 % de los AG totales del músculo y su cantidad es relativamente constante, a medida que el animal aumenta su contenido graso (Wood & Enser, 2017). En un estudio reportado por Kouba et al. (2003), en cerdos de 40 kg de PV que fueron alimentados durante 20, 60, y 100 días mostraron que el porcentaje de fosfolípidos disminuyó un 0,09 % entre los días 20 y 100 de alimentación mientras que, los lípidos neutros aumentaron desde el 53 % al 92 %, respectivamente.

El músculo LD contiene, del 100 % de ácidos grasos totales, alrededor del 41 a 43 % de ácidos grasos saturados (AGS), 38 a 40 % de ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) y de 13 a 15 % de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) (Schmitz & Ecker, 2008). Los componentes que predominan en los AGS son el ácido palmítico (C16:0) y esteárico (C18:0), cuyos porcentajes oscilan alrededor de 24 y 15 %, respectivamente. En los AGMI, predomina el ácido oleico (C18:1 *cis* - 9) con un 36 %. Dentro de los AGPI n-6 y AGPI n-3 predominan el linoleico (AL C18:2 n-6) y el alfa-linolénico (ALA C18:3 n-3) en un 12 % y 1%, respectivamente (Wood et al., 2003; Wood & Enser, 2008a).

El tejido adiposo está compuesto por el 90 % de lípidos neutros. Estudios demuestran que su contenido de ácidos grasos es mayor que en músculo, pero su composición es similar en ambos tejidos (Wood et al., 2008b). Sin embargo, se han reportado mayores proporciones de AL en tejido adiposo con respecto a tejido graso intramuscular (Wood & Enser, 2008a; Teye et al., 2006).

#### **1.4.4 Ácidos grasos**

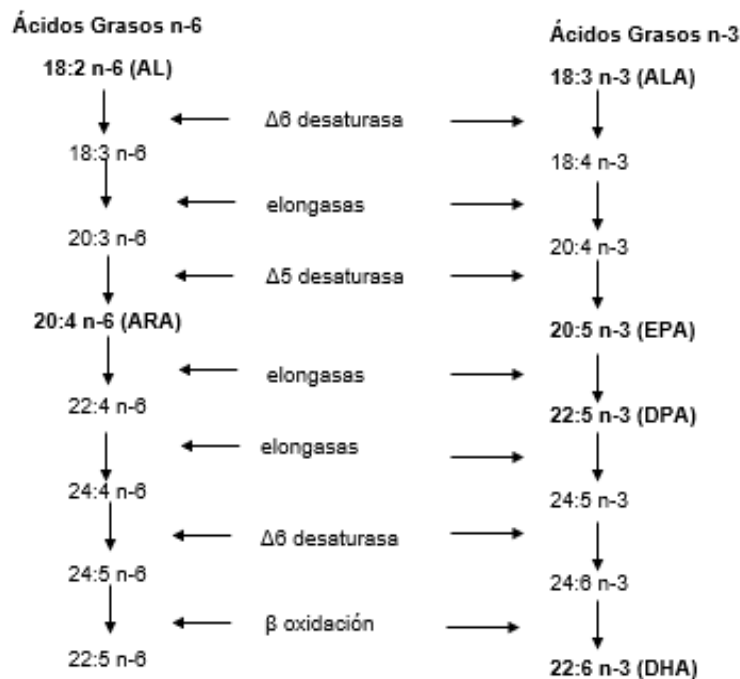
En producción porcina se pueden obtener perfiles de grasa saludables con el uso de productos de semillas oleaginosas, con menos efectos adversos del sabor (Cheng et al. 2017). El AL (C18:2 n-6) y el ALA (C18:3 n-3) son ácidos grasos esenciales ya que no pueden ser sintetizados por tejidos de mamíferos, debido a la ausencia de las enzimas responsables del proceso de insaturación requerido (Wood et al., 2003). Además, estos compuestos son los "ácidos grasos primarios" de las familias n-6 y n-3 y son los precursores de los ácidos grasos de cadena más larga que se encuentran en los aceites de pescado (Morel et al., 2006). Los aceites vegetales de maíz, girasol y soja son las principales fuentes de AGPI n-6 mientras que, los aceites derivados de pescado y de lino aportan AGPI n-3 (Betti et al., 2009; Schmitz & Ecker, 2008).

Los AGS y la mayoría de los AGMI son obtenidos por síntesis *in novo*. Mientras que los AGPI deben ser incorporados de la dieta. El C18:1 *cis* 9 es el AGMI predominante en la carne. Se sintetiza en el organismo a partir del C18:0 mediante la enzima  $\Delta$  6 desaturasa. Por su parte, los AGPI una vez consumidos, se absorben en intestino delgado sin sufrir cambios previos en su paso por el estómago y pasan al torrente sanguíneo para ser

metabolizados por las células (Wood & Enser, 2017; Betti et al., 2009; Wood et al., 2008; Teye et al., 2006) (Fig. 1). El AL (C18:2 n-6) es metabolizado y transformado por medio de la acción de enzimas desaturasas y elongasas hasta el C20:5 n-6. El ALA (C18:3 n-3), por medio de la acción de las mismas enzimas es convertido en ácido eicosapentaenoico (C20:5 n-3; EPA), ácido docosapentaenoico (C22:5 n-3, DPA) y posteriormente en ácido docosahexaenoico (C22:6 n-3; DHA) (Schmitz & Ecker, 2008)

La conversión de los AGPI n-3 n-6 se realiza con la acción de las mismas enzimas. Por lo tanto, existe una competencia para su metabolismo y el exceso de uno causa la disminución en la conversión del otro (Betti et al., 2009; Schmitz & Ecker, 2008).

Fig. 1 Biosíntesis de los ácidos grasos esenciales linoleico (AL C18:2 n-6) y linolénico (ALA C18:3 n-3) (Adaptado de Schmitz & Ecker 2008)



AL: Ácido linoleico; ARA: Ácido araquidónico; ALA: Ácido linolénico; EPA: Ácido eicosapentaenoico; DPA: Ácido docosapentaenoico; DHA: Ácido docosahexaenoico

#### **1.4.5 Funciones de los lípidos en el organismo y su influencia en la salud**

Desde hace tiempo se reconoce que el contenido de grasa y el perfil de los lípidos son importantes para la salud humana. Los AGS regulan la expresión de genes que codifican enzimas que intervienen en la formación de las proteínas de membranas y modulan los factores de transcripción para los genes implicados en el metabolismo del colesterol (García et al., 2007).

Los AGPI de cadena larga, tienen tres funciones principales en el organismo. Mantienen la fluidez de las membranas celulares, regulan la expresión de los genes que controlan la inflamación, la coagulación y la función inmunológica. Además, producen eicosanoides, los cuales regulan la agregación plaquetaria, la trombosis y la inflamación (prostaglandinas, tromboxanos y leucotrienos). Asimismo, el EPA y DHA son esenciales para el correcto desarrollo visual y neuronal (Wood & Enser, 2017).

Por su parte, estudios epidemiológicos han demostrado que los AGS producen resistencia a la insulina generando diabetes tipo 2 y aumentan los niveles sanguíneos de colesterol LDL (Calder, 2015). Así mismo, la dieta de las personas occidentales contiene un exceso de ácidos grasos n-6, a la vez que carecen de aquellos n-3. Ello contribuye al riesgo de enfermedades cardiovasculares (ECV) al promover el estado protrombótico y proinflamatorio que predisponen a la hipertensión arterial y la disfunción neurológica (Simopoulos, 2002).

La Heart American Association ha recomendado el consumo de dietas que incrementen la relación de grasas insaturadas sobre las saturadas, acompañadas de un consumo de hasta el 10% de AGPI. Estudios epidemiológicos han reportado que el consumo de AGPI n-3 disminuyen el colesterol y previenen las enfermedades coronarias y la arterioesclerosis (Averette Gatlin et al., 2002a).

#### **1.5 Consideraciones finales**

La industria porcina ha ido cambiando según las preferencias de los consumidores, destinando la producción al consumo de carne segura, saludable y sabrosa (Cheng et al. 2017); seleccionando genotipos magros y alimentándolos con dietas que contienen grasas

insaturadas (Viljoen & Ras, 1991). Los datos reportados por la Ministerio de Agroindustria indican que el consumo de cerdo a diciembre de 2018, es de 15,31 kg/ hab/ año, de los cuales el 66 % corresponde al consumo de fiambre y chacinados. Es por eso que, si bien el incremento de ALA (C18:3 n-3) y otros AGPI resultan beneficiosos para la salud, son indeseables en el procesamiento de la carne porcina, porque generan grasa blanda que dificultan la manipulación e incrementan la rancidez. Según Averette Gatlin et al. (2002a) los AGPI no deberían superar el 23 % de la totalidad de los lípidos de la grasa subcutánea. Teniendo en cuenta que, en Argentina existe escasa o nula información al respecto, es que, cobra importancia conocer el rendimiento productivo y características de la carne de los cerdos alimentados con expeller de soja como suplemento proteico.

## **1.6 Objetivos**

### **1.6.1 General**

- Determinar la respuesta productiva y económica, y la calidad de la canal y de la carne de cerdos recriados y engordados con diferentes niveles de inclusión del expeller de soja en la dieta en reemplazo de harina de soja.

### **1.6.2 Particular**

- Evaluar el efecto de la inclusión de expeller de soja en reemplazo de harina de soja en la dieta sobre el rendimiento, las características de la carcasa y respuesta animal.
- Analizar el perfil de ácidos grasos del *longissimus dorsi* (LD) y grasa subcutánea de los animales alimentados con diferentes porcentajes de inclusión del expeller de soja en la dieta.
- Determinar el costo económico de las raciones establecidas.

## **1.7 Hipótesis**

- La inclusión del expeller de soja en la dieta en reemplazo de harina de soja, no produce cambios en el rendimiento productivo de la recría y el engorde de cerdos y puede tener ventajas económicas.
- La inclusión del expeller de soja afecta el perfil de lípidos del *longissimus dorsi* y de la grasa subcutánea.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Sitio y período de experimentación

El ensayo de campo se llevó a cabo en la Estación Experimental Agropecuaria INTA Marcos Juárez, Córdoba. Tuvo una duración de 70 días, comprendiendo los meses noviembre de 2017 hasta febrero de 2018. La faena de los animales utilizados se realizó en las instalaciones del frigorífico Mattievich de la localidad de Carcarañá, Santa Fe. Las determinaciones de calidad de carne se realizaron en las instalaciones del laboratorio de calidad de producto de la Estación Experimental Agropecuaria INTA Anguil, La Pampa.

### 2.2 Animales e instalaciones

Se utilizaron 36 cerdos, procedentes de la progenie de cruzamientos de madres híbridas con padrillos terminales de empresas genéticas, con un peso vivo inicial promedio del individuo de  $40 \pm 2$  kg hasta un peso vivo final superior a los 100 kg. Estos se encontraban en buen estado sanitario, inmunizados contra enfermedades infecto - contagiosas y desparasitados.

Los animales fueron alojados al azar en los corrales de alimentación de a 3 por corral, hasta el momento de la faena y alimentados *ad libitum* con acceso libre de agua. Previamente al inicio del ensayo tuvieron un periodo de adaptación de siete días. Se utilizaron tres corrales por tratamiento, los cuales estaban equipados con comederos tolva, bebederos chupetes y piso ranurado.

### 2.3 Tratamientos

Los tratamientos se definieron por el nivel de sustitución de harina de soja por expeller de soja (Tabla 2). Las dietas fueron identificadas como: **D0** = 100% harina de soja (dieta control); **D33** = 33,3% expeller de soja, 66,7% harina de soja; **D66** = 66,7% expeller de soja, 33,3% harina de soja y la **D100** = 100% expeller de soja.

Se trabajó con cuatro dietas isoproteicas (19 y 16% para recría y engorde, respectivamente), compuestas por maíz, expeller y/o harina de soja y el núcleo vitamínico

mineral. La composición química de los ingredientes utilizados se muestra en la Tabla 1. Las raciones se formularon cubriendo los requerimientos nutricionales de acuerdo a NRC (2012) para cerdos en recría (40 a 70 kg PV) y engorde (70 a 105 kg PV).

Al comienzo del experimento se evaluó el contenido de proteína bruta (PB; estimado por N Kjeldahl ( $f = 6,25$ ), de extracto etéreo (ExtE) mediante el método Soxhlet, ceniza en mufla a 600 °C, según AOAC (1998) y materia seca (MS). Previo a los análisis, las muestras fueron secadas en estufa con aire forzado a 60°C hasta peso constante, luego se molieron con un molino Thomas-Willey (Modelo 4, Thomas Scientific) utilizando una malla de 1 mm, se etiquetaron y se mantuvieron en bolsa tipo ziploc.

Los animales fueron pesados individualmente con balanza electrónica al iniciar el ensayo y luego cada 15 días hasta alcanzar el peso de faena predeterminado. A partir de los valores de PV se calculó la ganancia media diaria (GMD, kg/día) por diferencia de peso entre pesadas.

Se registró diariamente el peso del alimento ofrecido y el remanente del día anterior (ya que se realizó diariamente) para determinar por diferencia el consumo de materia seca (CMS) promedio de cada corral. Este dato se dividió por la cantidad de animales por corral para obtener el consumo de materia seca por animal. El CMS se expresó en valor absoluto por animal ( $\text{kg MS día}^{-1} \text{ animal}^{-1}$ ). El índice de conversión (IC) del alimento se calculó como la relación entre el CMS medio del período por la GMD por corral.

#### **2.4 Espesor de grasa dorsal**

A los 100 Kg de PV promedio se midió el espesor de grasa dorsal *in vivo*, a la altura de la última vértebra dorsal a 5 cm hacia un lado de la columna, con el equipo de ultrasonido RENCO Lean Meater. Los resultados se expresaron en mm. El dato obtenido fue utilizado posteriormente para determinar el porcentaje de magro de la carcasa.

#### **2.5 Faena y rendimiento de la canal**

El momento de la faena fue a tiempo fijo cuando los animales superaron los 100 kg de PV. Luego de la última pesada, los animales se trasladaron a la planta frigorífica comercial,

Mattievich SA, ubicada a 80 km de la Estación Experimental INTA Marcos Juárez, y se faenaron a las 12 h de su arribo.

A los 45 minutos post faena, se tomó el pH del músculo *longissimus dorsi* (LD) a la altura de la décima costilla, con el pH metro portátil Testo 230. Luego, se determinó el peso de la canal en caliente (PCC).

Luego de la faena, las carcasas fueron mantenidas en cámara de oreo (4 °C) durante 24 h. Posteriormente, se procedió a medir la profundidad del pecho desde el canal vertebral hasta el esternón y el diámetro del jamón, a la altura de la porción más pronunciada de la cadera, medidas indicativas de la conformación de la carcasa, según (Harrington, 1858). Los datos se expresaron en cm.

Posteriormente, se realizó la segunda toma de pH en el LD y se procedió a extraer un bloque de bife con hueso del lado izquierdo de cada canal, incluyendo la sección del LD en un corte transversal a la columna vertebral entre la décima y onceava costilla. Los bloques se identificaron individualmente y fueron conservados a  $4 \pm 1$  °C para la determinación del área de ojo de bife del LD (AOB), color del LD en fresco, marmoleado y humedad del LD. Luego se envasaron al vacío utilizando bolsas para vacío tipo Sealed air Cryovac de 50 µm y se congelaron a - 20 °C, se transportaron al Laboratorio de Calidad de Forrajes y Productos de la Estación Experimental Agropecuaria INTA Anguil, La Pampa.

Sobre los bifes de la onceava costilla se realizaron las determinaciones de: área de ojo de bife (AOB), color, humedad y composición proximal. Sobre los correspondientes a la décima costilla se determinó el perfil de lípidos de la grasa intramuscular y de la grasa dorsal (Morel et al, 2006; Olivares et al, 2010; Alonso et al, 2012).



## 2.6 Análisis físicos de la carne

Área de ojo de bife (AOB): Se obtuvo calcando el contorno del ojo de bife sobre una hoja de acetato y por planimetría se calculó la superficie abarcada. Los resultados se expresaron en cm<sup>2</sup>.

Color del LD: Se determinó mediante score visual utilizando las cartillas estándar de puntuación de National Pork Producers Council (NPPC, 2000), posterior al tiempo de desarrollo del *blooming*. La escala de las cartillas (rango 1- 6) comienza en las carnes más pálidas hasta las más oscuras pasando por los colores intermedios.

Marmoleado del LD: Se evaluó la cantidad de grasa dispuestas entre las fibras musculares del LD tomando como referencia el rango de 1 a 10 de las cartillas estándar estándar de puntuación de National Pork Producers Council (NPPC, 2000).

Humedad del LD: Se estimó según la siguiente escala de tres puntos: 1) Exudativo: exceso de fluido acumulado sobre la superficie de corte o en el empaquetado. 2) Húmedo: superficie de corte con apariencia húmeda, con poco o nada de agua. 3) Seco: la superficie de corte sin presencia de agua (NPPC, 2000).

## 2.7 Composición proximal y perfil de lípidos de la grasa intramuscular (GI) del músculo LD

Para realizar los análisis bioquímicos previstos los bifes fueron descongelados a  $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas (Almada et al., 2011). Se apartó la grasa externa y el tejido conectivo de los bifes seleccionados para las determinaciones de composición proximal y perfil de lípidos. Posteriormente las muestras de LD se molieron utilizando una procesadora para carne. Una alícuota, se utilizó para la determinación de humedad obtenida por diferencia de peso después de 24 h en una estufa a 100°C. El resto fue liofilizado en el liofilizador Labconco (EEUU, Kansas).

Los contenidos de humedad, proteína, ceniza y grasa se determinaron acorde a los métodos descritos por la AOAC (2000). Los valores de PB se determinaron por el método Kjeldahl (contenido de nitrógeno por el factor 6,25). El contenido de ceniza se obtuvo

mediante incineración en una mufla durante 8 h a 600 °C. Los lípidos totales se extrajeron con hexano en ebullición en un equipo Tecator según el método Soxhlet (AOAC, 2005). Todos los resultados se expresaron en porcentaje.

Sobre una alícuota de las muestras liofilizadas se realizó la transmetilación de los lípidos según el método de Park y Goins (1994). Los ácidos grasos metilados se analizaron en un cromatógrafo gaseoso Perkin Elmer CLARUS 600, equipado con un detector de ionización a llama (FID). La separación de las muestras se realizó con una columna Agilent Technologies CP-Sil88 (100 m x 0,25 mm id) y nitrógeno como gas portador. La temperatura inicial del horno fue 150 °C/min, luego se programaron 3 rampas de temperatura. La rampa 1 incrementó de 2 °C/min hasta 174 durante 0 min; la rampa 2: incrementó de 0,2 °C /min hasta 178 °C por 0 min y la rampa 3: incrementó de 2 °C /min hasta 225 durante 7,5 min acorde con Duckett et al (2013). Las muestras se corrieron por duplicado, con una relación de split de 100:1 para ácidos grasos de cadena larga y trans C18:1 y una relación de split 10:1 para los isómeros CLA y ácidos grasos de cadena larga omega 3. Los ácidos grasos individuales se identificaron por comparación de los tiempos de retención con estándares Supelco Mix 37 (47885-U Supelco –Aldrich) y se cuantificaron incorporando un estándar interno (ácido metiltricosanoic, C23:0) dentro de cada muestra durante la metilación. Los ácidos grasos individuales se agruparon en: AGS [mirístico (C14:0) + palmítico (C16:0) + esteárico (C18:0)]; AGMI [palmitoleico (C16:1) + oleico (C18:1 cis 9) + C18:1 cis 11]; AGPI n-3 [linolénico (C18:3) EPA (C20:5) + DPA (C22:5) + DHA (C22:6)]; AGPI n-6 [ $\alpha$ -linoleico (C18:2) + Araquidónico (C20:4)] y AGPI [AGPI n-3 + AGPI n-6]. Los resultados se expresaron como porcentaje en peso del total de ácidos grasos y se determinaron las relaciones AGPI: AGS y n-6: n-3.

## 2.8 Análisis estadístico

Los animales se distribuyeron al azar en 12 corrales, de a 3 por corral. Los corrales fueron las unidades experimentales, sobre las cuales se aleatorizaron los cuatro tratamientos. Con lo cual, se generaron 3 repeticiones por tratamiento. Los análisis se realizaron según el siguiente modelo estadístico:  $Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$

Donde:

$Y_{ij}$ : representa la respuesta observada de la  $j$ -ésima repetición (corral) en el  $i$ -ésimo nivel del factor tratamiento.

$\mu$ : representa la media general

$\alpha_i$ : representa el efecto que produce el  $i$ -ésimo nivel del factor tratamiento.

$\epsilon_{ij}$ : representa el error experimental, que se asumen con distribución normal e independientes con esperanza cero y varianza común ( $\sigma_\epsilon^2$ ).

El análisis estadístico, para todas las variables, se realizó utilizando el procedimiento PROC GLM (SAS, 1999). Se aplicaron contrastes ortogonales (Bonferroni, 1936).

### **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **3.1 Rendimiento productivo y características de la carcasa**

En la Tabla 3 se sintetizaron los resultados de respuesta productiva y de calidad de la carcasa. No se encontraron diferencias significativas en los parámetros evaluados ( $P > 0,05$ ) entre ninguno de los tratamientos. En promedio, de todos los tratamientos los animales ingresaron con un peso inicial de  $40,9 \pm 1,2$  kg y alcanzaron  $103,6 \pm 3,4$  kg de peso final. Tuvieron una GMD de  $895,5 \pm 0,04$  g, un IC promedio de  $2,4 \pm 0,3$  y el  $53 \pm 0,8\%$  de magro. Resultados similares de crecimiento y engorde fueron obtenidos por Olivares et al. (2010) quienes utilizaron dietas formuladas a base de maíz y trigo con el agregado de ácidos grasos saturados (aceite de palma) o con ácidos grasos insaturados (soja extruida rica en C18:2 n 6).

Sin embargo, Averette Gatlin et al. (2002b), trabajaron con dietas establecidas por el porcentaje de inclusión del aceite de soja en un 0; 33,3; 66,7; 100 %. Las variaciones en las concentraciones de AL (C18:2 n 6) fueron desde 4,11 al 1,56 % del total de la dieta, reportaron disminución del rendimiento productivo; mientras que Cheng et al. (2017), Teye et al. (2006) y Wiseman & Agunbiade (1998) no encontraron diferencias con la adición de ingredientes ricos en AL (C18:2 n 6) como el aceite de orégano, palma, palmiste, poroto de soja sobre el rendimiento productivo. De la misma manera, Landero et al. (2012) y Lawrence et al. (2003) evaluaron nutricionalmente la harina de soja obtenida por solvente y por prensado sin encontrar diferencias en el rendimiento en animales de recría y engorde. La dieta control, no contenía harina de soja, mientras que las otras estuvieron determinadas por la inclusión del 20 y 40 % de harina de soja o expeller de soja, en reemplazo de la harina de pescado y de sangre. Por otro lado, el rendimiento de la carcasa, el espesor de grasa dorsal y el pH muscular no fueron afectados por el remplazo de la harina de soja por el expeller de soja. Del mismo modo ocurrió en el trabajo reportado por Teye et al. (2006) quienes utilizaron aceites de diferentes materias primas ricas en el contenido de AL (C18:2n6).

### **3.2 Características físicas y químicas del *longissimus dorsi* (LD)**

Las variables evaluadas representadas en la Tabla 4 no presentaron diferencias ( $P > 0,05$ ) entre los tratamientos utilizados: D0 = 100% harina de soja (dieta control); D33 = 33,3% expeller de soja, 66,7% harina de soja; D66 = 66,7% expeller de soja, 33,3% harina de soja y la D100 = 100% expeller de soja. Los valores promedios de pH a los 45 min y 24 h *post mortem* fueron de  $5,9 \pm 0,22$  y  $5,7 \pm 0,21$ , respectivamente. Estos valores encontrados de pH a las 24 h coinciden con el rango normal (5,45 - 5,75) establecido en la escala de pH por Bendall & Swatland (1988), los cuales son considerados beneficiosos para las características que determinan la calidad de la carne de cerdo (Boler et al., 2010). El color se puntuó con  $1,96 \pm 0,43$  y el marmoleado del LD se valoró con  $2,04 \pm 0,54$ , según las cartillas estándar NNPC. Datos similares fueron reportados por Alonso et al. (2012), quienes utilizaron suplementos del 3 % de grasas animales con respecto las dietas suplementadas con harina de soja y Corino et al. (2002), quienes trabajaron con suplementaciones de fuentes de aceite del 3 % del total de alimento.

Con respecto a los porcentajes de humedad, PB, ExtE y ceniza del *longissimus dorsi* (Tabla 4), no se encontraron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) entre los diferentes niveles de expeller de soja en reemplazo de harina de soja. Alonso et al. (2012) reportaron diferencias en el contenido proporcional de grasa intramuscular luego de suministrar suplementos de grasa animal con similares porcentajes de ExtE en la dieta, a los del presente trabajo (3,02; 3,67; 4,22; 5,07 %, para las dietas D0, D30, D60 y D100, respectivamente).

### **3.3 Perfil de lípidos de la grasa intramuscular (GI) del *longissimus dorsi***

La Tabla 5 muestra el efecto de los tratamientos sobre el perfil de los ácidos grasos y las relaciones AGPI: AGS y n-6: n-3 de la GI del músculo LD. Los tratamientos no alteraron ( $P > 0,05$ ) el porcentaje de los ácidos grasos C14:0, C16:0, C16:1, C18:0, C18:1 *cis* 9, AL, ALA, AA, EPA, DPA ni DHA. No se hallaron efectos significativos ( $P > 0,05$ ) sobre el porcentaje de AGS; AGMI y AGPI y, por consiguiente, tampoco hubo diferencias en las relaciones AGPI: AGS y n-6: n-3.

Otros autores (Alonso et al., 2012; Morgan Colin et al., 1992) tampoco hallaron diferencias en el perfil de ácidos grasos agregando a las dietas fuentes de aceite de origen animal y en el suplemento de aceite de soja o de ALA (C18:2 n 3), respectivamente. En promedio, en este ensayo se obtuvo un 40 % de AGS, de los cuales el 62 % es aportado por el C16:0 y 35 % por el C18:0. Según Wood et al. (2008a) esa respuesta se debería principalmente al producto del metabolismo de síntesis *de novo*. En promedio, del 46 % de los AGMI, el 18 % fue determinado por la presencia de C18:1 *cis* 9 y el 14% por AGPI. De ésta fracción el 11 % correspondió a AL (C18:2 n 6), proporción mayor que la reportada en estudios de Olivares et al. (2010). Quienes trabajaron con dietas iso-proteicas y adicionaron un 4 % aceite de palma en los tratamientos, por lo que, el nivel de aceite de este trabajo fue significativamente superior al del presente experimento.

### **3.4 Perfil de lípidos de la grasa subcutánea (GS)**

La Tabla 6 muestra el efecto de los tratamientos sobre la composición de ácidos grasos de la grasa subcutánea. No se encontraron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) en el porcentaje de los ácidos grasos debido a los tratamientos, excepto para C20:4. El  $42 \pm 2,36\%$  del total fueron AGS, dentro de los cuales predominó el C16:0. El  $37,21 \pm 2,62\%$  y el  $19,79 \pm 1,88\%$  representaron los AGMI y AGPI. Dentro de los cuales se destacaron el C18:1 *cis* 9 y el AL (C18:2 n 6), respectivamente. El contenido de AGPI sería adecuado para la producción de chacinados, acorde a lo indicado por Averette Gatlin et al. (2002b).

En general, estos resultados concuerdan con otros autores que formularon dietas con inclusión de aceite de soja, con contenidos de ExtE similares a los del presente trabajo en el cual, en las dietas se reemplazó la harina de soja por el expeller de soja. (Alonso et al., 2012; Morel, et al., 2006; Teye et al., 2006). Los efectos significativos ( $P < 0,05$ ) del ácido graso C20:4 (Tabla 6) entre los tratamientos D0 y D100, podrían ser explicados mediante la elongación de AL (C18:2 n 6) en el proceso de deposición. La magnitud de esta diferencia no sugiere efectos de significancia biológica, aunque amerita una investigación de mayor precisión al respecto que la alcanzada en el presente ensayo.

Alonso et al. (2012) reportaron menores porcentajes de AGMI y mayores porcentajes de AGPI en inclusiones del 1% aceite de soja en dieta en comparación a las de 3%; aunque

ambas inclusiones, similares a las del presente trabajo, no tuvieron efectos significativos en la calidad de carne. Por otro lado, Benz et al. (2011) demostraron que el contenido de AL (C18: 2 n 6) en la grasa subcutánea fue mayor al incluir 5 % de aceite de soja a la dieta. Bee et al. (2002, 1999) han reportado que la inclusión de aceite en la dieta, inhiben la síntesis de ácidos grasos de *novo* en el tejido adiposo. Por lo tanto, aumentaría el porcentaje de AL (C18: 2 n 6) dietario, la deposición de este ácido y su concentración. En este trabajo, el porcentaje de adición ExtrE fue del 3 %, con lo cual no síntesis de ácidos grasos de *novo* no se vio afectada.

### **3.5 Evaluación del costo económico de las raciones**

Teniendo en cuenta los precios a diciembre de 2018, la utilización de expeller de soja al 100 % como suplemento proteico en las raciones de cerdos de recría - engorde, abarataría aproximadamente un 10 % los costos de las raciones, con respecto a las dietas que utilizan harina de soja. Si se tiene en cuenta que la alimentación en la producción porcina justifica el 60 % de los costos, la utilización de expeller de soja se presenta como una oportunidad atractiva para obtener altos rendimientos productivos y parámetros de calidad de carne, sin llegar a afectar la manufactura de productos chacinados, con un costo de alimentación más bajo (Tabla 7).

#### **4. CONCLUSION**

El presente trabajo sugiere que la inclusión de hasta 100 % de expeller de soja en reemplazo a la harina de soja con características nutricionales similares al utilizado no generaría diferencias tanto en los parámetros productivos como en las características referentes a la calidad de la canal y de carne. Se concluye que la fracción adicional de aceite que se incorpora con el aporte del expeller no tendría efectos de significancia sobre las características físicas de la grasa o de la composición de los lípidos musculares o subcutáneos. En el contexto de las dietas ofrecidas, la inclusión de expeller de soja respecto de la harina permitiría una reducción del 10 % de los costos de alimentación por lo que su uso sería recomendable.



Tabla 1. Contenido de nutrientes de los alimentos utilizados en las dietas de desarrollo y engorde

	PB	MS	ExtrE	Ceniza
	%			
Expeller de soja	45,0	96,0	6,0	6,42
Harina de soja	46,3	90,1	1,8	7,40
Maíz	8,03	89,1	4,0	1,33

PB = Proteína bruta (N Kjeldahl x 6.25)

MS = Materia Seca

ExtrE = Extracto etéreo

Tabla 2. Composición de ingredientes y nutricional de las dietas ofrecidas en las etapas de desarrollo o recría y terminación

	Recría				Terminación			
	D0§	D33	D66	D100	D0	D33	D66	D100
Composición por ingredientes, %								
Expeller de soja	0	33,3	66,7	100	0	33,3	66,7	100
Harina de soja	100	66,7	33,3	0	100	66,7	33,3	0
Maíz	67	66	66	65	73	73	72	71
Núcleo	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Contenido de nutrientes, %								
Proteína bruta, %	19	19	19	19	16	16	16	16
Extracto etéreo, %	3,02	3,67	4,22	5,07	3,17	3,65	4,13	4,81
Materia Seca, %	88,5	89,2	89,7	90,5	88,5	88,9	89,4	90,1
EM, kcal/kg MS	3263	3273	3282	3296	3276	3284	3292	3303
C18:2 n-6	1,66	1,97	2,24	2,66	1,77	2,01	2,24	2,58
Relación EM:								
Lisina	3,55	3,53	3,52	3,50	2,90	2,88	2,87	2,86
*Lisina digest. %	0,98	0,99	1,00	1,01	0,78	0,79	0,80	0,81

§D0, D33, D66 y D100 = 0; 33,3; 66,7 y 100 % de expeller soja, respectivamente en reemplazo de la harina de soja en la dieta.

\*Lisina Digestible: Requerimiento basado en el consumo diario de alimento, que dependerá del peso y sexo del animal, condiciones medioambientales y energía digestible de la dieta (NRC, 2012).

Tabla 3. Efectos de la inclusión creciente de expeller de soja en reemplazo de la harina de soja sobre el rendimiento productivo y la eficiencia de conversión de alimento a peso vivo de cerdos en recría y terminación

	D0§	D33	D66	D100	EE	P
Peso vivo, kg						
Día 0	41,3	41,0	40,8	40,7	0,70	0,89
Día 43	78,0	78,5	79,9	80,2	1,40	0,76
Día 70	102,6	102,7	104,4	105,1	1,97	0,74
Ganancia media diaria, g/día						
Recría	854	872	908	919	33,9	0,52
Terminación	909	896	907	920	64,9	0,99
Consumo promedio de materia seca, kg/día						
Recría	1,90	1,91	1,97	1,94	0,13	0,97
Terminación	2,55	2,56	2,64	2,62	0,20	0,98
Índice de conversión, kg alimento/kg aumento de peso vivo						
Recría	2,25	2,21	2,18	2,12	0,21	0,97
Terminación	2,80	2,89	2,94	2,87	0,22	0,97

§D0, D33, D66 y D100 = 0; 33,3; 66,7 y 100 % de expeller de soja, respectivamente en reemplazo de la harina de soja en la dieta.

EE = Error estándar de diferencias de medias

P = Probabilidad de  $F > F_0$

Tabla 4. Efectos de la inclusión creciente de expeller de soja en reemplazo de la harina de soja sobre las características de la canal y del músculo *longissimus dorsi* de cerdos en recría y terminación

	D0§	D33	D66	D100	EE	P
Magro, %	53,3	53,6	53,6	52,0	0,49	0,16
Peso canal caliente, kg	85,4	87,0	89,6	89,3	2,26	0,55
Peso canal frío, kg	43,0	44,3	45,3	46,8	1,27	0,27
<i>Características del longissimus dorsi</i>						
Humedad, %	74,6	73,6	73,6	73,7	0,36	0,23
PB, %	21,8	22,2	22,3	22,3	0,27	0,60
EE, %	2,40	2,80	2,60	2,70	0,34	0,85
Ceniza, %	1,20	1,20	1,10	1,20	0,02	0,50
pH0	6,10	5,90	5,80	6,10	0,13	0,24
pHf	5,70	5,80	5,80	5,70	0,12	0,78
AOB, cm <sup>2</sup>	31,5	31,7	31,5	31,8	0,88	0,99
*Score de color	2,20	1,50	2,10	2,10	0,25	0,28
*Score de Marmoleo	2,50	1,70	1,90	2,10	0,31	0,34
**Humedad del LD	2,30	2,00	2,20	2,00	0,26	0,75

§D0, D33, D66 y D100 = 0; 33,3; 66,7 y 100 % de expeller de soja, respectivamente en reemplazo de la harina de soja en la dieta.

EE = Error estándar de diferencias de medias

P = Probabilidad de  $F > F_0$

Magro = Relación músculo: grasa

PB = Proteína Bruta

ExtrE = Extracto etéreo

pH0 = pH a los 45 min post mortem

pHf = pH a las 24 h post mortem

AOB = Área del ojo de Bife

\*Score de color y marmoleo son descriptos en "Pork composition and quality assessment procedures, 2000"

\*\* Score Humedad = valoración subjetiva de la superficie de corte en escala de 1-3, siendo firme, húmeda o exudativa, respectivamente (NPPC, 2000).

Tabla 5. Efectos de la inclusión creciente de expeller de soja en reemplazo de la harina de soja sobre el perfil de ácidos grasos de la grasa intramuscular del músculo *longissimus dorsi* de cerdos en recría y terminación

	D0§	D33	D66	D100	EE	P
AGS, %	40,7	40,6	40,3	39,5	0,61	0,35
AGMI, %	46,3	45,9	45,8	45,0	0,85	0,71
AGPI, %	13,5	13,9	14,1	15,5	0,87	0,40
AGPI n-3, %	1,10	1,10	1,10	1,10	0,08	0,99
AGPI n-6, %	12,4	12,8	13,0	14,4	0,83	0,36
AGPI: AGS	0,33	0,30	0,30	0,40	0,09	0,33
n-6: n-3	11,4	11,8	11,8	13,2	0,26	0,54
C14:0, %	1,32	1,18	1,29	1,29	0,05	0,25
C16:0, %	25,0	24,8	25,2	24,8	0,32	0,79
C16:1, %	3,00	2,83	3,06	2,93	0,17	0,79
C18:0, %	14,0	13,1	13,6	13,2	0,38	0,30
C18:1 cis 9, %	39,5	39,3	38,9	38,4	0,66	0,65
C18:1 cis 11, %	3,78	3,79	3,77	3,62	0,13	0,79
C18:2 n-6, %	10,6	10,9	11,0	12,3	0,66	0,29
C18:3 n-3, %	0,67	0,70	0,68	0,68	0,05	0,98
C20:4, %	1,81	1,88	1,91	2,06	0,21	0,84
C22:5, %	0,31	0,28	0,31	0,32	0,04	0,93

§D0, D33, D66 y D100 = 0; 33,3; 66,7 y 100 % de expeller de soja, respectivamente en reemplazo de la harina de soja en la dieta.

EE = Error estándar de diferencias de medias

P = Probabilidad de  $F > F_0$

AGS = Ácidos grasos saturados

AGMI = Ácidos grasos mono insaturados

AGPI = Ácidos grasos poliinsaturados

AGPI- n3 = Ácidos grasos poliinsaturados n-3

AGPI- n6 = Ácidos grasos poliinsaturados n-6

Tabla 6. Efectos de la inclusión creciente de expeller de soja en reemplazo de la harina de soja sobre el perfil de ácidos grasos de la grasa subcutánea dorsal de cerdos en recría y terminación

	D0§	D33	D66	D100	EE	P
AGS, %	42,5	42,0	42,3	40,8	0,44	0,72
AGMI, %	36,9	37,7	37,3	36,9	0,86	0,63
AGPI, %	19,9	19,4	19,3	20,9	0,09	0,54
AGPI n-3, %	1,08	1,07	1,16	1,23	0,84	0,64
AGPI n-6, %	18,9	18,3	18,1	19,7	0,03	0,57
AGPI: AGS, %	0,48	0,46	0,46	0,51	0,03	0,63
n-6: n-3, %	17,7	17,8	15,9	15,9	1,52	0,66
C14:0, %	1,32	1,29	1,34	1,21	0,05	0,39
C16:0, %	25,6	25,0	25,3	24,4	0,06	0,58
C16:1, %	1,37	1,57	1,71	1,45	0,13	0,24
C18:0, %	15,6	15,7	15,7	15,3	0,53	0,93
C18:1 cis 9, %	33,7	34,3	33,5	33,6	0,47	0,55
C18:1 cis 11, %	1,81	1,79	2,09	2,14	0,18	0,41
C18:2 n-6, %	18,7	18,0	17,9	19,8	0,84	0,59
C18:3 n-3, %	0,94	0,94	1,00	1,09	0,00	0,55
C20:4, %	0,21 <sup>a</sup>	0,22 <sup>a</sup>	0,25 <sup>ab</sup>	0,32 <sup>b</sup>	0,02	0,04
C22:5, %	0,13	0,10	0,11	0,12	0,01	0,75

§D0, D33, D66 y D100 = 0; 33,3; 66,7 y 100 % de expeller de soja, respectivamente en reemplazo de la harina de soja en la dieta.

EE = Error estándar de diferencias de medias

P = Probabilidad de  $F > F_0$

AGS = Ácidos grasos saturados

AGMI = Ácidos grasos mono insaturados

AGPI = Ácidos grasos poliinsaturados

AGPI- n3 = Ácidos grasos poliinsaturados n3

AGPI- n6 = Ácidos grasos poliinsaturados n6

<sup>a - b</sup> las medias con distintas letras son significativamente diferentes  $P < 0.05$

Tabla 7. Costo económico de la utilización de expeller de soja en reemplazo de la harina de soja en la alimentación de desarrollo y terminación de cerdos

	Recría				Terminación			
	D0§	D33	D66	D100	D0§	D33	D66	D100
\$/kg alimento	7,87	7,70	7,57	7,35	7,55	7,43	7,31	7,14
IC, kg MS/ kg PV	2,25	2,21	2,18	2,12	2,80	2,89	2,94	2,87
CMS, kg/día	90,0	88,4	87,2	84,8	70,0	72,2	73,5	71,7
\$/ kg GMD	17,7	17,0	16,5	15,6	21,1	21,5	21,5	20,5

§D0, D33, D66 y D100 = 0; 33,3; 66,7 y 100 % de expeller de soja, respectivamente en reemplazo de la harina de soja en la dieta.

P = Probabilidad de  $F > F_0$

IC= Índice de conversión

CMS= Consumo de materia seca

GMD= Ganancia media diaria

## 5. Bibliografía

- Almada C.A., P.I. Bonato, F. Carduza, M.E. Cossu, G.M. Grigione, M. Irrueta, F. Perlo, A.B Picallo & G. Teira. 2011. Manual de procedimientos. Determinación de los parámetros de calidad física y sensorial de carne bovina. INTA-UBA-UN Luján-UNNER. Ed. INTA. ISBN 978-987-679-086-4.
- Alonso V., L M Najes, L. Provincial, E. Guillén, M Gil, P. Roncalés, J.A. Beltrán Influence of dietary fat on pork eating quality. *Meat Science* 92(4): 366–73.
- Andersen Henrik J., N. Oksbjerg, J. F. Young, & M. Therkildsen. 2005. Feeding and meat quality - A Future Approach. *Meat Science* 70(3 SPEC. ISS.): 543–54.
- AOAC. 1998. Official methods of analysis. 15th ed. Assoc. of Off. Anal. Chem., Arlington, VA
- AOAC. 2000. Official methods of analysis. 17th ed. Assoc. of Off. Anal. Chem., Washington, DC
- AOAC. 2005. Official methods of analysis. 18th ed. 4th supplement, Arlington, VA, USA.
- Averette Gatlin, L., M.T. See, D.K. Larick, X. Lin, J. Odle. 2002a. Conjugated linoleic acid in combination with supplemental dietary fat alters pork fat quality. *American Society for Nutritional Sciences*.132 (10): 3105–12.
- Averette Gatlin, L., M.T. See, J.A. Hansen, D. Sutton, J. Odle. 2002b. The effects of dietary fat sources, levels, and feeding intervals on pork fatty acid composition. *Journal of Animal Science* 80(6): 1606–15
- Ayuso D., A. González, F. Hernández, J.M. Corral & M. Izquierdo. 2013. Prediction of carcass composition, ham and foreleg weights, and lean meat yields of Iberian pigs using ultrasound measurements in live animals. *Journal of Animal Science* 91(4): 1884–92.
- Ayuso D., A. González, F. Hernández, F. Peña & M. Izquierdo. 2014. Effect of sex and final fattening on ultrasound and carcass traits in Iberian pigs.” *Meat Science* 96(1): 562–67.



- Bauza Devessi, R. 2016. Uso del poroto de soja integral como alimento para cerdos. *Ganadería*: 54–59.
- Bee G., R. Messikommer & S. Gebert. 1999. Dietary fats and energy levels differently affect lipogenic enzyme activity in finishing pigs. *Fat/Lipid* 101:336–342.
- Bee G., S. Gebert & R. Messikomer. 2002. Effect of dietary energy supply and fat source on the fatty acid pattern of adipose and lean tissues and lipogenesis in the pig. *Journal Animal Science*. 80:1564–1574.
- Bendall J.R., & H.J. Swatland 1988. A review of the relationships of pH with physical aspects of pork quality. *Meat science* 24(2), 85-126.
- Benítez A., A. Gómez, L.J. Hernández Moreno, R. Navarrete. 2015. Evaluación de parámetros productivos y económicos en la alimentación de cerdos en engorde. *Abanico Veterinario* 5(3): 36–41.
- Benz J. M., M.D. Tokach, S.S. Dritz, J.J. Nelssen, J. M. DeRouchey, R.C. Sulabo. 2011. Effects of choice white grease and soybean oil on growth performance, carcass characteristics, and carcass fat quality of growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science* 89(2): 404–13
- Beriain, M.J.; Goñi, M.V.; Indurain, G.; Sarriés, M.V. y Insausti, K. 2009. Predicting *longissimus dorsi* myoglobin oxidation in aged beef based on early post mortem color measurements on the carcass as a color stability index. *Meat Science*. 81, 439-445.
- Betti M., T.I. Perez, M.J. Zuidhof, & R.A. Renema. 2009. Omega-3-enriched broiler meat: 3. fatty acid distribution between triacylglycerol and phospholipid classes. *Poultry Science* 88(8): 1740–54.
- Boler D.D., A.C. Dilger, B.S. Bidner, S.N. Carr, J.M. Eggert, J.W. Day, M.Ellis, F.K. Mckeith, J. Killefer. 2010. Ultimate pH explains variation in pork quality traits. *Journal of Muscle foods* 21(217): 119–30.
- Bonferroni, C. 1936. Teoria statistica delle classi e calcolo delle probabilita. *Pubblicazioni del R*

*Istituto Superiore di Scienze Economiche e Commerciali di Firenze*, 8, 3-62.

- Borja y Medel. 1998. Avances en la alimentación del porcino: I Lechones y Cerdos de Engorde-III Reproductoras. XIV Curso de especialización: Avances en nutrición y alimentación animal. 1(1): 63.
- Braun O.R. 2012. Respuesta productiva y calidad de carcasa en cerdos alimentados con dietas compuestas por cereales crudos y tratados hidro térmicamente, durante los estados fisiológicos de crecimiento y terminación. Tesis doctoral en Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias
- Brewer M.S., L.G. Zhu, & F.K. McKeith. 2001. Marbling effects on quality characteristics of pork loin chops: consumer purchase intent, visual and sensory characteristics. *Meat Science* 59(2): 153–63.
- Brunori J. 2012. Producción de cerdos en Argentina. Situación. Oportunidades. Desafíos. INTA Marcos Juárez. Córdoba: 30–33.
- Calder P.C. 2015. Functional roles of fatty acids and their effects on human health. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*. 39, 18S-32S.
- Cheng C., Z. Liu, Y. Zhou, H. Wei, X. Zhang & M. Xia. 2017. Effect of oregano essential oil supplementation to a reduced-protein, amino acid-supplemented diet on meat quality, fatty acid composition, and oxidative stability of longissimus thoracis muscle in growing-finishing pigs. *Meat Science* 133: 103–9.
- Chin S.F., J.M. Storkson, W. Liu, K.J. Albright & M.W. Pariza. 1994. Conjugated linoleic acid (9, 11- and 10, 12- octadecadienoic acid) is produced in conventional but not germ-free rats fed linoleic acid. *The Journal of Nutrition*. 124 (5) 694– 701.
- Conde-Aguilera, J. A., M. Lachica, R. Nieto, and I. Fernández- Figares. 2012. Metabolic regulation of fatty acid esterification and effects of conjugated linoleic acid on glucose homeostasis in pig hepatocytes. *Animal* 6:254–261.

- Corino C., S. Magni, E. Pagliarini, R. Rossi, G. Pastorelli, & L.M. Chiesa. 2002. Effects of dietary fats on meat quality and sensory characteristics of heavy pig loins. *Meat Science* 60(1): 1–8.
- Costa, N. D., C. McGillivray, B. Qianfan, J. D. Wood, G. Evans, & K. C. Chang. 2004. Restriction of dietary energy and protein induces molecular changes in young porcine skeletal muscles. *Journal Nutrition*. 134:2191–2199.
- Daumas, G. 2001. Clasificación de las canales porcinas en Francia y en Europa. En: Seminario Nacional de desenvolvimiento da suinocultura. Memorias del 9º Seminario Nacional de Desenvolvimiento de Suinocultura: 74-96.
- Daza, A., A. Mateos, C. Carrasco, A. López Rey, I. Ovejero, & C.J. López-Bote. 2006. Effect of feeding system on the growth and carcass characteristics of iberian pigs, and the use of ultrasound to estimate yields of joints. *Meat Science* 72(1): 1–8.
- De Caro A., C.P. Basso, G. Alleva, D. Premezzi & L.R. Basso. 2005. El contenido de magro de canales porcinas y su relación con variables de calidad y de origen. *InVet*. 032 (1): 11–17.
- D'Souza, D. N., D. W. Pethick, F. R. Dunshea, J. R. Pluske, & B. P. Mullan. 2008. Reducing the lysine to energy content in the grower growth phase diet increases intramuscular fat and improves the eating quality of the longissimus thoracis muscle of gilts. *Aust. J. Exp. Agric.* 48:1105–1109.
- Duckett S K., J.P.S. Neel, J.P. Lewis, J.P. Fontenot & W.M. Clapham. 2013. Effects of winter stocker growth rate and finishing system on: III. Tissue proximate, fatty acid, vitamin, and cholesterol content. *Journal Animal Science*. 91: 1454-1467.
- Ferrin EF. 1935. Expeller processed soybean oil meal compared with other protein supplements. *The American Society of Animal Production*: 104–6.
- Figuroa Velasco, J. L., M. Cervantes Ramírez, J. M. Cuca García & M. Méndez López, 2004. Respuesta de cerdos en crecimiento y finalización a dietas con baja proteína y energía. *Agro - ciencia*, 38(4).

- Font-i-Furnols M., N. Tous, E. Esteve-Garcia & M. Gispert. 2012. Do all the consumers accept marbling in the same way? The relationship between eating and visual acceptability of pork with different intramuscular fat content. *Meat Science* 91(4): 448–53.
- Gallardo, M. 2005. Soja: Harinas de extracción para la alimentación del ganado. Agrolluvia.com.
- García-Contreras A.C., Y.G. De Loera Ortega, A.P. Yagüe, J.A. González Guevara, & C., Artiga García 2012. “Alimentación práctica del cerdo.” *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias* 6(1): 21–50.
- Gläser K.R., M. Scheeder, & C. Wenk. 2000. Dietary C18:1 trans fatty acids increase conjugated linoleic acid in adipose tissue of pigs. *European Journal of Lipid Science and Technology* 102(11): 684–86.
- Gresham J.D., S.R. McPeake, J.K. Bernard & H.H. Henderson. 1992. Commercial adaptation of ultrasonography to predict pork carcass composition from live animal and carcass measurements. *Journal Animal Science*. 70:631–639
- Hamm, R. 1961. Biochemistry of meat hydration. In *Advances in food research* Academic Press. Vol. 10, pp. 355-463.
- Hatton, T.T., & Reeder, W.F. 1972. Quality of 'Lula' avocados stored in controlled atmospheres with or without ethylene. *Journal American Society*. 97(3): 339-341.
- Harrington, G. 1958. Pig carcass evaluation. Commonwealth Agricultural Bureaux: England. 1–119.
- Hartman A.D., W.J. Costello, G.W. Libal & R.C. Walhstrom. 1985. Effect of sunflower seeds on performance, carcass quality, fatty acids and acceptability of pork. *Journal of Animal Science*. (60): 212–219.
- Hassen A., D.E. Wilson, G.H. Rouse & R.G. Tait Jr. 2004. Partitioning variances of growth in ultrasound longissimus muscle area measures in Angus bulls and heifers. *Journal Animal Science* 82:1272–1279.

- Hocquette, J. F., Botreau, R., Picard, B., Jacquet, A., Pethick, D. W., & Scollan, N. D. 2012. Opportunities for predicting and manipulating beef quality. *Meat science*, 92(3), 197-209.
- Juan, N.A., J.I. Massigogue, L. Errasquin, J.M. Méndez, D.C. Ochandio, A.E. Saavedra, M.C. Paolilli, R.M. Alladio, C. Accoroni & E.F Behr. 2015. Calidad de la soja procesada y del expeller producido por la industria de extrusado-prensado en Argentina. Ediciones INTA: 31.
- Karr-Lilienthal, L. K., Grieshop, C. M., Spears, J. K., & Fahey, G. C. (2005). Amino acid, carbohydrate, and fat composition of soybean meals prepared at 55 commercial US soybean processing plants. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(6), 2146-2150.
- Karr-Lilienthal L., L. Bauer, P. Utterback, K. Zinn, L.F. Rodney, C. Parsons & G. Fahey, 2006. Chemical composition and nutritional quality of soybean meals prepared by extruder / expeller processing for use in poultry diets. *Agricultural and food chemistry* (54): 8108–14.
- Kerr, B. J., F. K. McKeith, and R. A. Easter. 1995. Effect on performance and carcass characteristics of nursery to finisher pigs fed reduced crude protein amino acid-supplemented diets. *Journal of Animal Science*. 73: 433-440.
- Kouba M., M. Enser, F.M. Whittington, G.R. Nute & J.D. Wood. 2003. Effect of a high-linolenic acid diet on lipogenic enzyme activities, fatty acid composition, and meat quality in the growing pig. *Journal of Animal Science*. 81(8), 1967-1979.
- Laack V., C.H. Liun, M.O. Smith & H.D. Loveday. 2000. Characteristics of pale, soft, exudative broiler breast meat." *Poultry Science*: 1057–61.
- Landero J.L., E. Beltranena, M. Cervantes, A.B Araiza & R. Zijlstra. 2012. The effect of feeding expeller-pressed canola meal on growth performance and diet nutrient digestibility in weaned pigs. *Animal Feed Science and Technology* 171(2–4): 240–45.
- Lawrence K.R., R.D. Goodband, S.S Tokach, J.L. Dritz Nelssen, J.M. DeRouchey, C.W. Hastad & C.N Groesbeck. 2003. Effects of extruded-expelled soybean meal and solvent extracted soybean meal level of growth performance of weanling pigs 1,2. *Swine Day*: 90–96.

- Le Bellego, L., J. van Milgen, S. Dubois, and J. Noblet. 2001. Energy utilization of low-protein diets in growing pigs. *Journal of Animal Science*. 79:1259-1271.
- Lewis, A. J. 2001. Amino acids in swine nutrition. In: A. J. Lewis and L. L. Southern, editors, *Swine nutrition*. 2nd ed. CRC Press, Danvers, MA. p. 138–139.
- Mendez J.M, Covacevich M. & Capurro J. 2010. Procesamiento del grano de soja en la provincia de santa fe mediante extrusado y prensado . Para mejorar la Producción 45 47: 137–40.
- Ministerio de Agroindustria 2019. <https://www.argentina.gob.ar/agroindustria>
- Miller M.F., P.O Ahmed, S.D Shackelford, K.D. Haydon & J.O. Reagan. 1993. Effects of feeding diets containing different fat supplements to swine on the visual properties and storage stability of low-fat sausage. *Meat Science* 33(2): 231–44.
- Morel P.C.H., J. C. McIntosh & J.A.M. Janz. 2006. Alteration of the fatty acid profile of pork by dietary manipulation. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 19(3): 431–37.
- Morgan Colin A., N. Raymond, C. Massimo & R. McCartney. 1992. Manipulation of the fatty acid composition of pig meat lipids by dietary means. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 58(3): 357–68.
- National Research Council. (2012). *Nutrient requirements of swine*. National Academies Press
- NPPC. National Pork Producers Council 2000. *Pork composition and quality assessment procedures*. In Natl. Des Moines, IA: Pork Board.
- Olivares A., A. Daza, A.I. Reya & J.Lopez-Botea. 2009. Interactions between genotype, dietary fat saturation and vitamin a concentration on intramuscular fat content and fatty acid composition in pigs. *Meat Science* 82(1): 6–12.
- Olivares A., A. Daza, A.I. Rey & C.J. López-Bote. 2010. Effect of diet saturation on growth performance, carcass characteristics and fat quality of heavy pigs. *Food Science and Technology International* 16(4): 321–27.

- Park P.W., & Goins R. E. 1994. In situ preparation of fatty acid methyl esters for analysis of fatty acid composition in foods. *Journal of Food Science* 59 (6): 1262-1266.
- Perez Y. 2014. Evaluación y clasificación de las canales porcinas. *Sitio Argentino de producción animal* 21 (3): 1–3.
- Pollard M.R., F.D. Gunstone, A.D. James, & L.J. Morris. 1980. Desaturation of positional and geometric isomers of monoenoic fatty acids by microsomal preparations from rat liver. *Lipids* 15 (5) 306–314.
- Pordomingo A.B., 2017. Estudio de los efectos interactivos entre la edad, la alimentación y la maduración sobre las características físicas y bioquímicas de la carne bovina de novillos Angus. Tesis Doctoral en Ciencia Animal. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional del Centro de Buenos Aires.
- Rodríguez R., M. Irurueta & S. Vaudagna. 2013. Tecnologías transversales del procesamiento de alimentos. Calidad integral. En: Estado del arte y tendencias de la ciencia y tecnología del procesamiento de alimentos. Serie Documentos de Trabajo N°3:50-59. Norma Pensel (Compilador). Proyecto Min CyT-BIRF Estudios del Sector Agroindustria. Programa para Promover la Innovación Productiva y Social. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, Argentina.
- SAS. Statistical Analysis System. 1999. SAS User's Guide: Statistics (Version 8). SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. 3884 p.
- Schmitz G. & J. Ecker. 2008. The opposing effects of n-3 and n-6 fatty acids. *Progress in Lipid Research* 47(2): 147–55.
- Scollan N.D., J.F. Hocquette, K. Nuernberg, D. Dannenberger, R.I. Richardson & A. Maloney. 2006. Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Science*. 74:17–33.
- Simopoulos A.P. 2002. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomedicine & pharmacotherapy*. 56(8), 365-379.

- Szabo, C., A. J. M. Jansman, L. Babinszky, E. Kanis, and M. W. A. Verstegen. 2001. Effect of dietary protein source and lysine: DE ratio on growth performance, meat quality, and body composition of growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 79:2857–2865.
- Teye G.A., P.R. Sheard, F.M. Whittington, G.R. Nute, A. Stewart & J.D. Wood. 2006. Influence of dietary oils and protein level on pork quality. 1. effects on muscle fatty acid composition, carcass, meat and eating quality. *Meat Science* 73(1): 157–65.
- Tous, N., R. Lizardo, B. Vilà, M. Gispert, M. Font-i-Furnols, & E. Esteve-Garcia. 2014. Effect of reducing dietary protein and lysine on growth performance, carcass characteristics, intramuscular fat, and fatty acid profile of finishing barrows. *Journal of Animal Science*, 92(1): 129-140.
- Tuitoek, J. K., J. G. Young, C. F. M. de Lange, and B. J. Kerr. 1997. Body composition and protein and fat accretion in various body components in growing gilts fed diets with different protein levels but estimated to contain similar levels of ideal protein. *Journal of Animal Science*. 75: 1584-1590.
- USDA Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. 2019. Home page: [www.usda.gov](http://www.usda.gov); Acceso 6 de febrero de 2019.
- Van de Perre V., A. Ceustermans, J. Leyten & R. Geers. 2010. The prevalence of PSE characteristics in pork and cooked ham - effects of season and lairage time. *Meat Science* 86(2): 391–97.
- Viljoen J. & M.N. Ras. 1991. The effect of different dietary fat sources, withdrawal times, and castration on the fatty acid composition of backfat in baconer pigs. South Africa. *Journal Animal Science*. 21: 76–79
- Whittemore, C. T. (1996). *Ciencia y práctica de la producción porcina*. Acribia.
- Wiseman J., & J.A. Agunbiade. 1998. The influence of changes in dietary fat and oils on fatty acid profiles of carcass fat in finishing pigs. *Livestock Production Science* 54(3): 217–27.



- Wood J.D., R.I Richardson, G.R. Nute, A.V. Fisher, M.M. Campo, E. Kasapidou, P.R. Sheard & M. Enser. 2003. Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science* 66(1): 21–32.
- Wood J.D., M. Enser, A.V Fisher, G.R. Nute, P.R. Sheard, R.I. Richardson, S.I. Hughes & F.M. Whittington. 2008a. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: a review. *Meat Science* 78(4): 343–58.
- Wood J.D., R.I. Richardson, G.R. Nute, F.M. Whittington, S.I. Hughes & K.G. Hallett. 2008 b. Factors controlling fatty acid composition and meat quality in pork and other meats. *American Meat Science Association*: 1–7.
- Wood J.D., & M. Enser. 2017. Manipulating the Fatty acid composition of meat to improve nutritional value and meat quality. En: *New Aspects of Meat Quality*: 501-535