



## Informe técnico final

Nombre del proyecto	Producción de grasas en polvo mediante atomización externa y cristalización en frío para uso en alimentación animal
Código del proyecto	PYT-2011-0057
Período de ejecución	desde el 01/08/2011 hasta el 31/08/2014
Fecha de entrega	15 de septiembre de 2014

## **INSTRUCCIONES PARA CONTESTAR Y PRESENTAR EL INFORME**

El informe técnico final debe informar sobre toda la ejecución del proyecto. La calidad de este informe, tanto a nivel de sus contenidos como su forma, es muy importante para FIA, ya que el mismo pasará a integrar material de difusión de la institución.

Para contestar y presentar el informe técnico final, se debe considerar:

- Todas las secciones del informe deben ser contestadas, utilizando caracteres tipo Arial, tamaño 11.
- Sobre la información presentada en el informe:
  - Debe ser consistente con la información presentada en los informes de seguimiento técnico entregados durante la ejecución del proyecto.
  - Debe ser resumida y precisa. Si bien no se establecen números de caracteres por sección, no debe incluirse información insuficiente ni en exceso, sino toda aquella información que aporte a lo que se solicita informar.
  - Debe ser totalmente consistente en las distintas secciones y se deben evitar repeticiones entre ellas.
  - Debe estar directamente vinculada a la información presentada en el informe financiero final y ser totalmente consistente con ella.
- Sobre los anexos del informe:
  - Deben incluir toda la información que complemente y/o respalde la información presentada en el informe, especialmente a nivel de los resultados alcanzados.
  - Se deben incluir materiales de difusión, como diapositivas, publicaciones, manuales, folletos, fichas técnicas, entre otros.
  - También se pueden incluir cuadros, gráficos y fotografías, pero presentando una descripción y/o conclusiones de los elementos señalados, lo cual facilite la interpretación de la información
- Sobre la presentación a FIA del informe:
  - Debe venir acompañado de una carta conductora, con la firma del coordinador del proyecto.
  - Se deben entregar tres copias iguales, dos en papel y una digital en formato Word (CD o pendrive).
  - La fecha de presentación debe ser la establecida en el Plan Operativo del proyecto, en la sección detalle administrativo. El retraso en la fecha de presentación del informe generará una multa por cada día hábil de atraso equivalente al 0,2% del último aporte cancelado.
  - Debe entregarse en las oficinas de FIA, personalmente o por correo. En este último caso, la fecha válida es la de ingreso a FIA, no la fecha de envío de la correspondencia.

## CONTENIDO

1.	ANTECEDENTES GENERALES .....	3
2.	EJECUCION PRESUPUESTARIA DEL PROYECTO .....	3
3.	RESUMEN DEL PROYECTO .....	4
4.	CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO .....	5
5.	RESULTADOS DEL PROYECTO.....	8
6.	METODO DEL PROYECTO .....	25
7.	ACTIVIDADES DEL PROYECTO .....	26
8.	DIFUSION DEL PROYECTO.....	28
9.	POTENCIALES IMPACTOS DEL PROYECTO .....	29
10.	EQUIPO TECNICO Y ASOCIADOS DEL PROYECTO.....	30
11.	PROBLEMAS DURANTE LA EJECUCION DEL PROYECTO .....	31
12.	APRENDIZAJE DE LA EJECUCION DEL PROYECTO.....	32
13.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	33
14.	ANEXOS .....	34

## 1. ANTECEDENTES GENERALES

Nombre ejecutor:	Francisco López Carreño
Nombre(s) asociado(s):	Pontificia Universidad Católica de Chile Química Industrial SPES SA
Coordinador del Proyecto:	Fernando González Munizaga
Regiones de ejecución:	Metropolitana
Fecha de inicio iniciativa:	1 de agosto de 2011
Fecha término Iniciativa:	31 de Agosto de 2014

## 2. EJECUCION PRESUPUESTARIA DEL PROYECTO

		Aprobado inicialmente		Gasto real durante la ejecución del proyecto	
		\$	%	\$	%
Costo total del proyecto		\$	%	\$	%
Aporte total FIA		\$	%	\$	%
Aporte Contraparte (Ejecutor y asociados)	Pecuniario	\$	%	\$	%
	No Pecuniario	\$	%	\$	%
	Total	\$	%	\$	%

En el caso de que existan diferencias entre lo aprobado inicialmente y lo realmente gastado durante el proyecto, explicar las razones.

--

### 3. RESUMEN DEL PROYECTO

Realizar un resumen del proyecto, considerando la justificación del mismo, sus objetivos, el método utilizado, los principales resultados obtenidos y sus potenciales impactos. Entregar valores cuantitativos y cualitativos.

La fuerte competencia con otros sistemas productivos por insumos energético-proteicos, hace urgente buscar fuentes alternativas de energía que permitan abaratar costos y mejorar índices productivos y económicos del sector porcino. Las grasas constituyen una alternativa para lograr estos propósitos. Estas deben transformarse a polvo, mediante deshidratación en torres de secado por aspersion y calor. En Chile, este proceso presenta limitaciones por el alto costo operacional, escasa disponibilidad de torres de secado, alta ocupación por la industria láctea para el secado de leche y de suero de leche, y porque no permite un producto final con alta proporción de grasa por el riesgo de auto-combustión de las mismas y daño a la torre de secado.

La suplementación con ácidos grasos esenciales Omega 3 es importante para la nutrición fetal y neonatal temprana de calidad. Se ha demostrado que deficiencias nutricionales fetales, aumentan la incidencia de nacidos con bajo peso y la morbilidad y mortalidad neonatal temprana. La alimentación de hembras durante la gestación y lactancia y de los lechones en la etapa post-destete, se caracteriza por un bajo aporte de grasas y uso de aceites vegetales, lo que condiciona un desbalance en la relación Omega 6/Omega 3, debido al menor aporte de estos ácidos grasos al feto a través de la placenta y al recién nacido a través de la leche.

El objetivo de este proyecto fue “desarrollar una tecnología alternativa al método clásico de producción de grasas en polvo en torre de secado por atomización en disco y calor, combinando metodologías de atomización externa y cristalización en ambiente frío a temperatura bajo el punto de solidificación de las grasas, con el propósito de incorporarla como fuente energética en la alimentación de los cerdos, a un costo competitivo con productos importados”. Los puntos para alcanzar este objetivo: construcción de una cámara de atomización externa y cristalización por frío; producción de grasas (mezcla de aceites vegetales), las que serán luego transformadas a polvo y enriquecidas con Omega 3 en la planta de secado por atomización externa y cristalización en frío; realización de ensayos en el CICAP\* con las grasas mencionadas y realización de ensayos demostrativos en plantales porcinos comerciales y desarrollo y fabricación de productos con la incorporación de grasa y Omega 3 que se comercializarán en el sector porcino.

La PUC, fue co-desarrolladora del proyecto junto con Lowerquim y SPES SA, estableciéndose una alianza estratégica para la producción y comercialización de estas grasas.

\*Centro de Investigación, Innovación Tecnológica y Capacitación en Producción Porcina

#### 4. CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO

Objetivo general planteado:

Desarrollar una tecnología alternativa al método clásico de producción de grasas en polvo en torre spray por atomización en disco, combinando metodologías de atomización externa y cristalización en ambiente frío a temperatura bajo el punto de solidificación de las grasas, con el propósito de incorporarla como fuente energética en la alimentación animal, principalmente en planteles porcinos, a un costo competitivo con productos importados.

Objetivos específicos planteados:

Nº OE	Descripción del OE
1	Realizar un estudio de mercado respecto de la necesidad a nivel de productores porcinos en Chile de mejorar la nutrición energética de las cerdas en gestación y lactancia y del lechón destetado utilizando grasas en polvo, lo que traducirá en la mejora de parámetros productivos y económicos.
2	Desarrollar un prototipo de una cámara de atomización por disco y cristalización por frío, a pequeña escala, para determinación de parámetros de diseño y operación de la planta.
3	Desarrollo de un marco teórico, construcción y operación de una cámara de atomización externa y cristalización en frío para producir una grasa en polvo a nivel semi-industrial.
4	Desarrollo y producción de una grasa (semisólida pastosa) a partir de una mezcla de aceites vegetales con adición de ácidos grasos omega 3, para la suplementación en las etapas críticas de gestación, lactancia y recría porcina.
5	Producción de grasas en polvo enriquecidas con ácidos grasos Omega 3 (GO), en la cámara de atomización externa y cristalización en frío, para incorporarlas en las dietas en los períodos de gestación y lactancia, y durante la etapa de recría de los lechones.
6	Determinar el grado de transferencia, a través de la placenta y glándula mamaria, de los ácidos grasos omega 3 durante la gestación y lactancia, y el efecto de la suplementación con grasa GO en las cerdas gestantes y lactantes, sobre el tamaño y peso de la camada al nacimiento y en la recría sobre la ganancia de peso, eficiencia de conversión alimenticia y capacidad de respuesta inmune.
7	Determinar el efecto de la suplementación con la grasa en polvo enriquecida con Omega 3 sobre la digestibilidad de materia seca, energía, proteínas y extracto etéreo y metabólica de la proteína y energía.
8	Elaborar una estrategia comercial de la grasa en polvo obtenida por atomización y cristalización en frío a partir de los resultados de los ensayos realizados en cerdos y en las otras aplicaciones factibles de alimentación animal.

Informar si se han alcanzado los objetivos planteados en el proyecto. Si existieron discrepancias respecto a lo planteado inicialmente, explicar las razones:

Durante el desarrollo del proyecto, se ha podido lograr la mayor parte de los objetivos planteados inicialmente y aquellos que fueron emergiendo y ajustándose en su desarrollo.

Objetivo 1: Fue logrado en un 100% en un inicio del proyecto y los antecedentes planteados en su definición fueron revisados durante el proyecto. El producto obtenido, planteó las reales oportunidades de mercado para el producto a desarrollar en el marco de este proyecto, lo cual unido a la factibilidad de su desarrollo, permite avizorar excelentes perspectivas para el futuro del negocio.

Objetivo 2: Fue logrado en un 100%. Este objetivo emergió durante el desarrollo del proyecto y fue fundamental para el logro de los siguientes objetivos y la implementación de las actividades comprometidas, puesto que permitió por una parte realizar todas las pruebas requeridas para el diseño de la planta y además permitió contar con las distintas formulaciones de grasa en polvo requerida para realización de los ensayos.

Objetivo 3: Fue logrado en un 80%. La construcción de la planta se encuentra en su fase final puesto que se han construido todos los componentes requeridos para su funcionamiento, solo falta su montaje final y operación inicial, lo cual tendrá lugar en las siguientes semanas. Parte de las demoras en su ejecución se debió a las exigencias planteadas por las autoridades pertinentes para su instalación y puesta en marcha, las que habiendo transcurrido aproximadamente un año del ingreso de los primeros antecedentes, aun no se pronuncian sobre su autorización final. En el último mes la autoridad ha solicitado incluir una evaluación de ruido que aunque no es un requisito actual de la norma, dada su inminente entrada en vigencia, debe incluirse. Esto sería el último paso, para que la planta pueda instalarse y operar definitivamente.

Objetivo 4: Logrado al 100%. Se elaboraron diferentes fórmulas de grasa, con sus consiguientes mezclas de aceites vegetales y omega 3. Esto permitió realizar las pruebas y determinar aquellas que tuvieron el mejor resultado como grasa en polvo.

Objetivo 5: Logrado en un 100%. Dada la existencia del equipo prototipo de la planta fue factible contar con el 100% de la grasa requerida para el desarrollo de los ensayos con animales.

Objetivo 6: Logrado en un 100%. Se realizó una investigación que determinó el efecto de la inclusión de grasa en la etapa de gestación y lactancia en el traspaso al calostro y leche, para determinar el efecto en el crecimiento de los lechones. Además se realizó ensayos de suplementación de diversas fórmulas y niveles de inclusión de grasa en la etapa de recría, obteniéndose resultados relevantes para el impacto del proyecto.

Objetivo 7: Logrado en un 100%. Se realizó una investigación para realizar la

evaluación nutricional de una dieta para cerdos con la adición de grasa en polvo producida por atomización externa y cristalización en frío. Los resultados de esta investigación, también forma parte de los antecedentes relevantes para el futuro de esta innovación.

Objetivo 8: Logrado en un 100%. Se realizó el diseño de un plan de negocio de una empresa de alimento de animales que incluye una estrategia comercial para sus productos en los cuales se incluye a las grasas y sus potenciales aplicaciones.

## 5. RESULTADOS DEL PROYECTO

Realizar un informe detallado de los principales resultados del proyecto, incluyendo su análisis y discusión. Es posible utilizar tablas, gráficos, figuras, etc. que permitan visualizar claramente el análisis realizado. En el caso de complementar la información con anexos, citarlos adecuadamente.

En los años de duración del proyecto se realizaron ensayos para determinar el efecto de grasas producidas mediante un proceso de atomización y luego una cristalización de las partículas de grasa en un ambiente frío a temperatura bajo el punto de solidificación de la grasa. No sólo se realizaron los ensayos comprometidos utilizando cerdos, sino también la grasa obtenida se incorporó en la elaboración de sustitutos de leche experimentales para la alimentación de terneros y cabritos, puesto que el método de obtención de grasas en polvo, motivo de este proyecto, sirve perfectamente para estos propósitos.

Ensayos programados en el proyecto:

1. Efecto de la suplementación de cerdas con ácidos grasos poliinsaturados omega-3 durante gestación y lactancia sobre la composición de la leche y el crecimiento de lechones:

El estudio fue conducido para determinar el efecto de la suplementación de cerdas con ácidos grasos EPA y DHA sobre la composición láctea, producción de leche y el crecimiento de lechones pre y post destete.

Se utilizaron 15 hembras gestantes de séptimo parto, las que fueron asignadas mediante un diseño completamente al azar, a tres tratamientos que fueron suplementados con la misma cantidad de grasa (40 g/kg) pero que diferían en la concentración de ácidos grasos Omega3 desde el día 100 de gestación hasta el destete (día 28).

Las grasas utilizadas fueron obtenidas mediante atomización y cristalización en frío, en una torre de secado spray modificada para tal propósito, en la Unidad de Metabolismo de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

Las cerdas pertenecientes al tratamiento control fueron alimentadas con una dieta basal comercial (T0). Las cerdas suplementadas fueron alimentadas con la dieta basal más 20 g (T1) o 40 g (T2) de grasa en polvo enriquecida con ácidos grasos EPA (2.7 %) y DHA (1.8%) por kg de dieta. Las dietas fueran isocalóricas (3,25

Mcal/kg) y con la misma concentración de grasa (6,8% de extracto etéreo). La concentración de Omega 3 en las dietas experimentales fue de 0 (T<sub>0</sub>), 0,87 (T<sub>1</sub>) y 1,74 g/kg (T<sub>2</sub>) de dieta comercial.

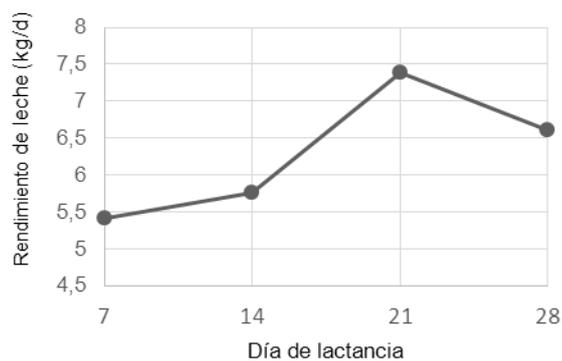
Las cerdas durante la gestación fueron alimentadas con las dietas experimentales correspondientes a cada tratamiento, restringida a 3 kg/d, y durante la lactancia la alimentación fue suministrada *ad libitum*. Inmediatamente luego del parto, se colectaron muestras de calostro y semanalmente las muestras de leche. Se estimó la producción de leche mediante el método *weigh-suckle-weigh*. El día del destete (día 28), ocho cerdos de peso  $9.55 \pm 0.732$  kg fueron seleccionados de cada camada para determinar el efecto de la suplementación materna con EPA y DHA sobre el crecimiento de cerdos durante el periodo de recría.

#### Resultados y discusión:

El consumo de alimento en las cerdas no fue significativamente diferente entre los tratamientos durante el periodo comprendido entre el final gestación y la lactancia. El consumo promedio día durante la lactancia fue cercano a los 6 kg, lo cual difiere levemente de los 7 kg recomendados para este periodo por Pig Improvement Company (PIC) 2014, para lograr una buena ganancia de peso y eficiencia de conversión en los lechones.

La composición de calostro y leche fueron similares entre tratamientos ( $P > 0.05$ ). La producción de leche medida por la adaptación del método *weigh-suckle-weigh* (Speer y Cox (1984) citado por Noble et al. (2002)), no fue significativamente diferente entre los tratamientos. A nuestro juicio este método es engorroso y está sujeto a un alto grado de error. Dada esta situación, se realizó una revisión bibliográfica de investigaciones más reciente, donde se encontró una fórmula que estima la producción de leche con mayor precisión.

La curva de producción de leche promedio para todas las cerdas, independientemente de los tratamientos, se presenta en la Figura 1. La producción de leche aumentó desde el día 7 post-parto hasta llegar al *peak* en la tercera semana de lactancia (día 21 post-parto). El aumento gradual en la producción láctea se encuentra relacionado, además del tamaño y peso de la camada, con el crecimiento de las glándulas mamarias de las cerdas que se produce desde el parto hasta el día 21 de lactancia (Kim et al., 1999).



**Figura 1.** Rendimiento de leche promedio entre tratamientos durante el periodo de lactancia (día 7 – 28)

La producción de leche promedio durante la lactancia fue 5.96 kg/día (T0), 6.38 kg/día (T1) y 6.53 kg/día (T2), relativamente baja, en comparación a lo obtenido por Renaudeau y Noblet (2001) quienes analizaron el rendimiento de leche de cerdas multíparas bajo condiciones dietarias similares a las de esta investigación (15.5% proteína cruda y 6.1% grasa) y donde la producción de leche calculada para los primeros 21 días de lactancia fue de 10.53 kg/día. En esa investigación, la producción de leche fue estimada según la ecuación<sup>1</sup> descrita por Noblet y Etienne (1989), la cual se basa en la GPD de lechones y el tamaño de camada. Lo anterior, se debe a que la producción de leche de una cerda está asociada al tamaño y peso de la camada lactante. Un mayor número de lechones es capaz de estimular más glándulas mamarias, lo que debería reflejarse en una mayor producción de leche. Por otro parte, cerdos más pesados tienen una mayor capacidad de succión y generan una mayor estimulación de las glándulas mamarias (Auldust *et al.*, 2000, Auldust *et al.*, 1998, Koketsu *et al.*, 1996).

La producción de leche fue re-calculada para las primeras tres semanas de lactancia de acuerdo a la ecuación de Noblet y Etienne (1989) observándose una mayor producción en todos los tratamiento que la estimada por el método *weigh-*

<sup>1</sup> Producción de leche (g/d) = 2.5 (± 0.26) × GPD + 80.2 (± 7.8) × P<sub>i</sub> + 7 × no. lechones,

R<sup>2</sup> = 0.91.

Dónde: GPD, ganancia de peso diaria de lechones (g); P<sub>i</sub>, peso al nacimiento de lechones (kg)

*suckle-weigh*: 8.65 kg/día (T0); 7.89 kg/día (T1) y 8.34 kg/día (T2).

Pettigrew *et al.*, (1985) indican que éste método *weigh-suckle-weigh* subestima la medición de producción de leche ya que no considera las pérdidas de peso de lechones por orina y fecas que ocurren durante las mediciones. Además, es una causa de estrés para la cerda y los lechones, disminuyendo la secreción láctea de la cerda y el consumo de leche en lechones.

La suplementación con ácidos grasos EPA y DHA no causó diferencias significativas entre los tratamientos en relación a la producción de leche de las cerdas durante la lactancia ( $P > 0.05$ ). En estudios anteriores en cerdas lactantes, tampoco se ha encontrado un aumento en la producción de leche atribuible a una suplementación con ácidos grasos poliinsaturados. Laws *et al.* (2009), reportaron que cerdas suplementadas durante la primera o segunda mitad de gestación con 8.49 g/d de EPA y 12.51 g/d de DHA provenientes de aceite de pescado, no presentaron diferencias en cuanto a la producción de leche en comparación al tratamiento control (0.27 g/día de EPA y 0.05 g/día de DHA). Los resultados obtenidos por Smith *et al.* (2011), quienes suplementaron cerdas lactantes con 3 g aceite de pescado/kg de dieta, con un aporte de 2,84 g/d de EPA y DHA, no fueron significativos en términos de la ganancia promedio de peso diaria de lechones (0,256 g/d) en los grupos control y experimental. En una publicación reciente, Luo *et al.* (2013), suplementaron con un 7% de aceite de pescado a las dietas cerdas lactantes, que representó un aporte de 7,29 g de Omega 3/kg de dieta, obteniendo una ganancia diaria promedio significativamente diferente respecto al grupo control, (0,225g/d versus y 0,206 g/d). En este ensayo también se utilizó dietas isoenergéticas e isograsas. Estos mismos autores, señalan que a este nivel de suplementación es factible obtener efectos residuales en el crecimiento de los lechones en la medida que se aumente fuertemente el Omega 3 en las madres lactantes.

En este ensayo, al igual que en el periodo de lactancia, durante la recría los lechones tuvieron una ganancia de peso en el rango superior de los estándares para este periodo de acuerdo a las referencias de PIC (2014). Probablemente, se requiere una mayor concentración de EPA y DHA en las dietas de cerdas y un aumento en el periodo de suplementación para evidenciar efectos sobre parámetros de crecimiento de lechones lactantes y cerdos en recría.

Con respecto al efecto de la grasa suministrada a las cerdas en el crecimiento de los lechones, el hecho de que las dietas fueran isocalóricas (3,25 Mcal/kg) y la misma grasa suministrada en igual concentración (6,8% de extracto etéreo) explica la ganancia de peso similar en los 3 tratamientos, lo que es un resultado absolutamente ventajoso en el sentido que la grasa no causó un efecto detrimental en el consumo de las madres, ni en la producción de leche y el crecimiento de los lechones.

Por otra parte el menor consumo de cerdos respecto a otros ensayos y a lo recomendado por PIC está indicando un efecto metabólico regulador del consumo, lo que se traduciría en una mejor eficiencia de conversión porque habría una ganancia de peso similar a un menor consumo.

**Cuadro.** Rendimiento de leche de cerdas, tamaño de camada y parámetros de crecimiento de lechones durante el periodo de lactancia (día 0 - 28).

Ítem	Tratamientos			Prom. <sup>1</sup>	EEM <sup>2</sup>	valor P
	0	1	2			
Producción de leche, kg						
Día 7	4.50	6.37	5.16	5.42	0.604	0.451
14	5.09	5.29	7.04	5.76	0.400	0.155
21	7.14	7.64	7.31	7.38	0.619	0.942
28	7.10	6.20	6.60	6.60	0.733	0.883
Promedio	5.96	6.38	6.53	6.29	0.463	0.882
Total	166.74	178.58	182.70	176.21	12.966	0.882
Tamaño de camada, n°						
Día 0	14.00	13.80	12.75	13.54	0.688	0.748
7	12.25	12.40	11.50	12.08	0.420	0.662
14	12.25	11.40	11.00	11.54	0.411	0.498
21	11.50	11.20	11.00	11.23	0.445	0.907
28	11.25	11.00	10.25	10.85	0.387	0.587
Promedio	12.25	11.96	11.30	11.85	0.415	0.664
Peso promedio lechón, kg						
Día 0	1.47	1.31	1.37	1.38	0.036	0.218
7	2.70	2.65	2.56	2.64	0.070	0.723
14	4.47	4.48	4.30	4.42	0.126	0.819
21	6.79	6.30	6.27	6.44	0.183	0.473
28	8.88	8.46	8.79	8.69	0.193	0.637
GPD <sup>3</sup> , kg/d						
Semana 1	0.18	0.19	0.17	0.18	0.007	0.383
2	0.25	0.26	0.25	0.26	0.011	0.887
3	0.33	0.26	0.28	0.29	0.011	0.061
4	0.30	0.31	0.36	0.32	0.014	0.203
Periodo	0.26	0.26	0.26	0.26	0.006	0.752
Mortalidad, %	17.78	18.80	19.52	18.71	3.313	0.979

<sup>1</sup>Promedio entre tratamientos

<sup>2</sup>Error estándar de la media

<sup>3</sup>Ganancia de peso promedio diaria

## **2. Evaluación nutricional de una dieta para cerdos en una etapa de crecimiento con la adición de una grasa en polvo producida por atomización externa y cristalización en frío**

Se realizó un experimento:

La investigación se realizó en el Centro de Investigación, Innovación Tecnológica y Capacitación para la Industria Porcina Nacional (CICAP), ubicada en la Estación Experimental, Fundación Agro-UC de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Se utilizaron ocho cerdos machos castrados adquiridos en un plantel comercial de genética PIC ([Large white x Landrace] x White Duroc]). El peso inicial promedio de los cerdos era: 40 + 2 kg y al final del experimento alcanzaron un peso promedio de: 70 + 2 kg.

Los animales fueron alojados en un galpón de experimentación de pruebas de metabolismo, donde se ubicaron individualmente en jaulas metabólicas de 1,6 x 0.7 m (1,12 m<sup>2</sup>), durante 37 días. Cada jaula estaba equipada con un comedero seco y un bebedero individual y su diseño permite colectar las heces y orina por separado. La temperatura se mantuvo en un rango estable, 20+3 grados Celsius, mediante un mecanismo climatizador automático FANCOM F17, CLIMATE CONTROLLER.

Los tratamientos consistieron en cuatro dietas. El TControl, consistió en una dieta (cuadro 1) con 1% de adición de aceite comercial (99% aceite de soya, 1% aceite de palma, para fuera sea isoenergética a los otros tratamientos); TSoya, consistió en la misma dieta TControl y con 5% de incorporación del mismo aceite comercial mencionado anteriormente; TPalma+, consistió en la misma dieta que TControl y con 5% de incorporación de grasa cristalizada en polvo (80% aceite de palma, 15% de aceite de pesacado omega 3 y 5% de lecitina de soya) y TPerlado, consistió en la misma dieta que el TControl y con 5% de grasa granulada comercial (aceite de palma hidrogenado + 3% de lecitina de soya).

Las dietas fueron formuladas, usando los requerimientos nutricionales del NRC (2012) y del programa EvaPig (versión 1.3.1.7) y elaborado en las dependencias de la empresa Lowerquim S.A.

**Cuadro 1.** Composición de las dietas (tratamientos) TControl, TSOYA, TUC y Tperlado de crecimiento y su contenido nutricional.

Ingredientes (% de la dieta)	Tratamientos <sup>1</sup>			
	TControl	TSoy	TPalma+	TPerlado
Maíz <sup>a</sup>	68,2	56,3	56,3	56,3
Afrechillo de soya <sup>b</sup>	25,1	25,1	25,1	25,1
Afrecho de trigo <sup>b</sup>	0,0	8,0	8,0	8,0
Aceite de soya <sup>d</sup>	1,0	5,0	-	-
Grasa perlada <sup>e</sup>	-	-	-	5,0
Grasa palma <sup>f</sup>	-	-	5,0	-
Suplementos aminoácidos <sup>bc</sup>	1,05	1,05	1,05	1,05
Suplemento mineral para porcinos <sup>bg</sup>	3,1	3,1	3,1	3,1
Premix de vitaminas y minerales <sup>b</sup>	1,5	1,5	1,5	1,5
Antioxidante <sup>bh</sup>	0,02	0,02	0,02	0,02
<b>Análisis químico (%MS)</b>				
Materia seca	86,6	87,1	87,5	86,9
Proteína cruda	17,0	16,6	15,4	16,0
Fibra cruda	2,7	3,6	4,2	4,1
Extracto etéreo	4,5	9,2	8,8	9,4
Cenizas	7,4	7,0	7,3	6,7
Energía bruta en Megacalorías	4,40	4,23	4,15	4,42

La grasa en polvo fue elaborada en la Unidad Metabólica de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de la Pontificia Universidad Católica de Chile. La grasa contenía 69% de aceite hidrogenado vegetal en forma de escamas, 9,9% de aceite de palma parcialmente hidrogenado en forma de pasta, 14,8% de aceite de pescado (Omega 3, 18EPA /12 DHA) y 4,9% de lecitina de soya y el producto final

obtenido fue una grasa cristalizada con aspecto de polvo fino.

La duración del ensayo de digestibilidad aparente tuvo una duración de 32 días y se inició después de cinco días de adaptación de los animales a las jaulas metabólicas, siendo alimentados en este periodo con una dieta balanceada de acuerdo a los requerimientos establecidos por el NRC (2012). Las cuatro dietas experimentales fueron suministradas a cada animal durante ocho días, en cuatro periodos consecutivos. En los primeros cuatro días de cada periodo no se recolectaron las heces ni orina y solo se midió el consumo; a partir del quinto día se midió el consumo y recolectaron heces y orina de cada animal y una alícuota (20%) fue congeladas en recipientes individuales.

Durante la etapa de recolección, la oferta de alimento fue restringida al 85% del consumo promedio registrado en los cuatro primeros días de adaptación en cada periodo, para asegurar un 100% de consumo de la dieta experimental (tratamiento) asignada. Como marcador del inicio y el fin de la etapa de recolección en cada período, se agregó 2 gramos de óxido férrico (Sigma-Aldrich, Alemania) en 100 gramos de alimento, el que se entregó a los animales en la primera comida de la mañana del último día de adaptación para iniciar la recolección de las heces una vez que se observa la presencia del marcador en su composición (heces teñidas de color rojo). Este procedimiento se hizo de acuerdo a lo descrito por Adeola, (2001).

Los análisis químicos a las muestras de alimento y heces recolectadas, se realizaron en el Laboratorio de Nutrición Animal, para determinar la materia seca (MS), energía bruta (EB), proteína cruda (PC), fibra cruda (FC), extracto etéreo (EE) y cenizas de acuerdo a las metodologías descritas en AOAC (1984). La energía bruta contenida en las dietas y en las fecas fue medida con una bomba calorimétrica (PARR, 1341).

Los coeficientes de digestibilidad para cada nutriente se determinaron calculando el porcentaje de cada nutriente contenido en las heces y en las dietas según la fórmula descrita por Schneider y Flatt, (1975):

$$\text{Coeficiente de digestibilidad (CD)\%} = \frac{[(N \text{ consumido} - N \text{ heces}) / (N \text{ consumido})] \times 100}{}$$

Donde N consumido: representa la cantidad de nutriente consumido y N heces: representa la cantidad de nutriente excretado en las heces (base materia seca).

El efecto de la fuente de grasa en los distintos parámetros de digestibilidad analizados, fue calculado mediante un análisis de varianza de acuerdo un diseño de Cuadrado Latino replicado, con 4 tratamientos, 4 períodos y 4 cerdos distintos en cada cuadrado (ocho cerdos en el total del experimento), mediante el procedimiento GLM de SAS. Se utilizó el siguiente modelo lineal para el análisis de los datos de cada Cuadrado Latino:

$$Y_{ijk} = \mathbf{u} + \mathbf{T}_i + \mathbf{P}_j + \mathbf{A}_k + \mathbf{E}_{ijk}$$

donde:  $Y_{ijk}$  Variable dependiente;  $\mathbf{U}$  : Media,  $\mathbf{T}_i$ : Efecto fijo del  $i$ -ésimo tratamiento ( $i = 1, 2, 3, 4$ ),  $\mathbf{P}_j$  : Efecto fijo del  $j$ -ésimo período ( $j = 1, 2, 3, 4$ ),  $\mathbf{A}_k$ :Efecto fijo del  $i$ -ésimo cerdo ( $i= 1,2,3,4$ ),  $\mathbf{E}_{ijk}$ : Error residual.

Los valores promedios de la composición química de las heces en los tratamientos no mostraron diferencias significativas en MS, PC y FC ( $P > 0,05$ ). Se observaron diferencias para EE, EB y cenizas ( $P < 0,05$ ). El contenido de EE, presentó diferencias significativas entre tratamientos ( $P = 0,0021$ ), observándose el mayor valor en las heces de TPerlado (13,8%MS), sin que fuera distinto de TSoja; los valores de TControl (8,8%MS) y TPalma (5,9%MS) fueron iguales entre sí y menores a TPerlado. La energía bruta de las heces, también presentaron diferencias significativas entre tratamientos ( $P = 0,0092$ ), observándose mayor valor para TPerlado (5,0 Mcal/kgMS), el que además es significativamente mayor que el TControl. En contraste no hubo diferencia entre TSoja y TPalma+, ambos fueron mayores que TControl.

Al analizar los resultados de la digestibilidad de los nutrientes (cuadro 4), no hubo diferencias en la digestibilidad de la PC, FC y cenizas ( $P > 0,05$ ). Sin embargo, se observaron diferencias para los valores de MS, EB y EE ( $P < 0,05$ ). La

digestibilidad aparente de la MS fue significativamente menor en TPerlado; y no hubo diferencias entre TControl, TSoya y TPalma+. El valor de digestibilidad aparente del EE presentó diferencias significativas ( $P = 0,0052$ ) entre tratamientos; los mayores coeficientes de digestibilidad fueron obtenidos en TPalma+ (87,53%MS) y TSOYA (85,4%MS), los que no fueron distintos entre sí. Llama la atención la menor digestibilidad aparente de TControl a pesar del menor consumo de EE. Sin embargo, la digestibilidad de la EB fue mayor en TControl (85,34%) respecto a los otros tratamientos, pero no fue significativamente distinto a Tsoya y TPalma+. TPerlado presentó el menor valor (75,39%).

**Cuadro 4.** Digestibilidad Aparente de la materia seca (%), energía bruta, proteína cruda, fibra cruda extracto etéreo, y ceniza, con distintas fuentes de grasa y niveles de inclusión.

	TControl	TSoya	TPalma+	TPerlado	SEM	Valor P
Materia seca	85,3 <sup>a</sup>	82,7 <sup>ab</sup>	81,6 <sup>ab</sup>	78,3 <sup>b</sup>	1,7	0,0154
Energía	85,3 <sup>a</sup>	81,3 <sup>ab</sup>	79,5 <sup>ab</sup>	75,4 <sup>b</sup>	2,1	0,0071
Proteína cruda	82,3	81,1	78,5	76,1	1,9	0,3375
Extracto etéreo	75,5 <sup>ab</sup>	85,4 <sup>a</sup>	87,5 <sup>a</sup>	68,5 <sup>b</sup>	3,9	0,0052
Fibra Cruda	54,4 <sup>ab</sup>	52,2 <sup>ab</sup>	58,0 <sup>a</sup>	43,0 <sup>b</sup>	5,6	0,0573
Ceniza	52,7	51,4	49,7	40,8	4,8	0,2047

**TControl:** dieta basal más 1% de aceite de soya. **TSOYA:** dieta basal más 5% de aceite de soya. **TPalma+:** dieta basal más 5% de grasa UC. **TPerlado:** dieta basal más 5% de grasa Nutracorp P58S.

El consumo promedio de alimento en el periodo experimental fue similar entre los grupos de tratamientos, salvo el TControl que su consumo fue significativamente menor. Lo que no tiene una explicación válida, puesto que el consumo de alimento se restringió un 85% en relación al período de adaptación.

En relación a las heces lo más notorio es que la mayor excreción de EE y la energía en TPerlado y fue diferente del contenido de los otros tratamientos a excepción de TSoja. Esta mayor excreción de EE y EB reflejó en una menor digestibilidad de la grasa pero no fue significativamente diferente del TControl.

Los resultados permiten establecer que la grasa en polvo, obtenida por el proceso secado por atomización externa y cristalización en frío, presentó los mayores resultados de digestibilidad de todos los tratamientos en estudio. Por otra parte la grasa comercial, presentó una baja digestibilidad de nutrientes. Esta diferencia se debe probablemente a que la grasa en polvo presentaba un menor tamaño de partícula y mayor concentración del emulsionante. Los resultados de digestibilidad del tratamiento en base a aceite de soja, fueron similares al tratamiento con la mezcla con aceite vegetal hidrogenado más la adición del 15% de palma y 5% de lecitina de soja. Es importante señalar, a pesar del alto contenido de ácidos grasos saturados de cadena larga, no fue limitante para la digestibilidad del EE en TPalma+, probablemente por el menor tamaño como resultado del proceso de atomización y cristalización en frío, hayan facilitado al emulsión y absorción de ácidos grasos.

### **3. Efecto de la suplementación de una grasa en polvo en la dieta de cerdos en el periodo de recría sobre los parámetros de crecimiento.**

Se realizaron dos experimentos.

#### **b.1 ) Experimento 1**

La investigación se realizó en el Centro de Investigación, Innovación Tecnológica y Capacitación para la Industria Porcina Nacional (CICAP), ubicada en la Estación Experimental, Fundación Agro-UC de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Se utilizaron 75 lechones de  $21 \pm 1$  día de edad, (45 machos castrados y 30 hembras) híbridos PIC con un peso promedio de  $7,23 \pm 1,13$  kilos (4,97 a 9,49 kg),

los que fueron aleatoriamente designados a 15 corrales de 5 animales cada uno, mediante un diseño de bloques al azar, para peso y sexo, con el propósito de evaluar el efecto de 2 productos grasos, obtenidos con la incorporación de aceites de origen vegetal y marino, sobre los parámetros de crecimiento en cerdos durante el periodo de recría (28-70 días).

Se conformaron 3 tratamientos: El tratamiento 1 (T1 Control) recibió una dieta basal comercial para cada una de las etapas de desarrollo: fase 1, 28-34 d; fase 2, 35-47 d; fase 3 48-59d; y fase 4, 60-70 d. El tratamiento T2 (Palma) correspondió a T1 + 2% de grasa en polvo con la inclusión de 15% aceite de palma y T3 (Pescado) correspondió a T1 + 2% de grasa en polvo con inclusión de 15% de aceite de pescado refinado y deodorizado. Las grasas en polvo utilizadas fueron elaboradas con un 80% de grasa vegetal (soya), con alto grado de hidrogenación (97%) (Zamrog K5, SPES ®), 5% de lecitina de soya (emulsionante) y el 15% restante correspondió a la inclusión de aceite de palma o pescado, para T2 y T3, respectivamente. Ambas grasas se diferenciaron en la composición y estructura química de los ácidos grasos, la que se presenta en el cuadro siguiente:

Cuadro 2: Estructura química\* de los ácidos grasos componentes de las grasas utilizadas en el experimento 1.

<u>Ácidos grasos</u>	<u>Grasa palma (T2)</u>	<u>Grasa pescado (T3)</u>
AGS	92,65	86,73
AGMI	6,48	4,24
AGPI	0,86	6,84
AGni	0,00	2,20
TOTAL	100,00	100,00

(\*) : AGS, ácidos grasos saturados; AGMI, ácidos grasos monoinsaturados; AGPI, ácidos grasos poliinsaturados; AGni, ácidos grasos no identificado

### Resultados y discusión:

Durante el periodo de crecimiento, semana 1-6, las dietas con la adición de grasa no fueron significativamente diferentes ( $P>0.05$ ) en relación al consumo de alimento diario (CAD), ganancia de peso (GDP), y la eficiencia de consumo de

alimento (ECA) (Tabla 2).

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por otros autores (Li et al., 1990; Cera et al., 1989), quienes no encontraron efecto de la adición de grasa sobre los parámetros de consumo y crecimiento.

No se observaron diferencias entre los tratamientos, en el consumo de alimento, ganancia de peso y en la eficiencia de conversión alimenticia durante los primeros 14 días post-destete, lo mismo que Mahan et al. (1991), quienes no obtuvieron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) a lo largo de todo el periodo de recría.

El consumo de alimento solo presentó diferencias significativas ( $P < 0.0107$ ) en la semana 3, entre T3 y los otros 2 tratamientos, lo mismo que en GDP y CA ( $P < 0.0001$ ), durante la semana 4. Sin embargo, en el periodo total no se observaron diferencias significativas en ninguno de los parámetros analizados (ver tabla).

**Tabla .** Efecto de la suplementación con grasas de origen vegetal y de pescado sobre parámetros de crecimiento de cerdos en el periodo de recría.

Ítem	Tratamientos			EEM	valor P
	Contr T1	Aceite de T2	Aceite de T3		
Peso de cerdos, kg					
Peso	7.24	7.08	7.35	0.11	n.s
Peso final	21.84	22.38	22.39	0.59	n.s
Ganancia de peso,					
Promedio	0.248	0.298	0.296	0.01	n.s
Consumo de alimento, kg/d					
Promedio	0.607	0.628	0.640	0.01	n.s
ECA <sup>2</sup>					
Promedio	0.408	0.474	0.462	0.02	n.s

<sup>1</sup>Promedio del tratamiento

<sup>2</sup>ECA, Eficiencia de conversión de alimento; kg Ganancia de peso: kg Consumo alimento

Los resultados obtenidos en este experimento demuestran que los niveles de suplementación (2%), el alto contenido de ácidos grasos saturados, (T2: 93% y T3: 87%) y la presentación química en forma de triglicéridos, no afectaron los parámetros de consumo y crecimiento. Probablemente, la adición de 5% de lecitina de soya como agente emulsionante, pero fundamentalmente el tamaño de partícula menor a 4 micras logrado en el proceso de atomización por disco (30.000 rpm) en la cámara de cristalización, contribuyó a la mayor utilización de estos tipos de grasas.

b.2) Experimento 2.

Se utilizaron 75 lechones de  $21 \pm 1$  día de edad (45 machos castrados y 30 hembras) híbridos PIC, con un peso promedio inicial de  $6,46 \pm 1,17$  kilos (4,22 a 8,7 kg), los que fueron aleatoriamente designados a 15 corrales de 5 animales cada uno, mediante un diseño de bloques al azar, con el propósito de evaluar el efecto del aumento de la concentración de grasa en la dieta sobre consumo y parámetros de crecimientos en cerdos durante el periodo de recría.

Se conformaron 3 tratamientos, con 5 repeticiones cada uno. El tratamiento T1 (Control) recibió una dieta base comercial para las 4 fases de desarrollo, al igual que en el experimento 1. El tratamiento 2, recibió la dieta T1, la que fue suplementada con una grasa en polvo correspondiente al 50% del aporte del extracto etéreo de la dieta basal; T3 se suplementó con la misma grasa en una proporción del 100% del extracto etéreo de la dieta basal.

La grasa en polvo utilizada en T2 y T3 correspondió a una mezcla de 70% de grasa vegetal (soya) con un alto grado de hidrogenación (97%) (Zamrog K5, SPES®), 10% de aceite de Palma, 5% de lecitina de soya y 15% de aceite de pescado refinado y deodorizado.

**Tabla.** Estructura química de ácidos grasos de la mezcla utilizada en el ensayo 2

Ácidos grasos	Composición (%)
AGS <sup>1</sup>	83,18
AGMI <sup>2</sup>	7,44
AGPI <sup>3</sup>	7,18
AGni <sup>4</sup>	2,20
TOTAL	100,00

<sup>1</sup> Ácidos grasos saturados

<sup>2</sup> Ácidos grasos monoinsaturados

<sup>3</sup> Ácidos grasos poliinsaturados

<sup>4</sup> Ácidos grasos no identificados

Se midió el consumo de alimento (CA), la ganancia de peso (GDP) y la eficiencia de conversión alimenticia (ECA, kg ganancia de peso/ kg consumo de alimento). El efecto de la incorporación de grasa sobre CA, GDP y ECA fue analizado en un ANOVA para diseño de bloques al azar. Los datos fueron procesados en SAS (Statistical Analysis Software) como muestras repetidas en el tiempo, mediante un modelo mixto y las diferencias entre las medias fueron analizadas mediante el test de Tukey para un valor de  $P < 0,05$ . No se observaron diferencias significativas en el consumo de alimento, pero éste mostró una tendencia a aumentar con la mayor incorporación de grasa, probablemente asociado a un efecto de palatabilidad y

utilización de la energía. Esta situación es interesante de señalar, puesto que varios autores han señalado una disminución en el consumo de alimento con la adición de grasas en la dieta (Pettigrew y Moser, 1991; Brumm y Miller, 1996). Por otra parte, la ganancia de peso aumentó significativamente con la mayor incorporación de grasa; los tratamientos con 50 y 100% de grasa sobre la grasa control no mostraron diferencias entre sí. Estos resultados indicarían que los cerdos son capaces de utilizar mayores contenidos grasos en la dieta que los que normalmente son utilizados en la alimentación durante el período de recría. La GDP fue similar en todos los tratamientos, pero a partir de la tercera semana ( P = 0,0063) se observaron diferencias significativas de los tratamientos con grasa respecto del control.

**Tabla.** Efecto del nivel de inclusión de una grasa en polvo sobre consumo y parámetros de crecimiento en cerdos durante el periodo de recría.

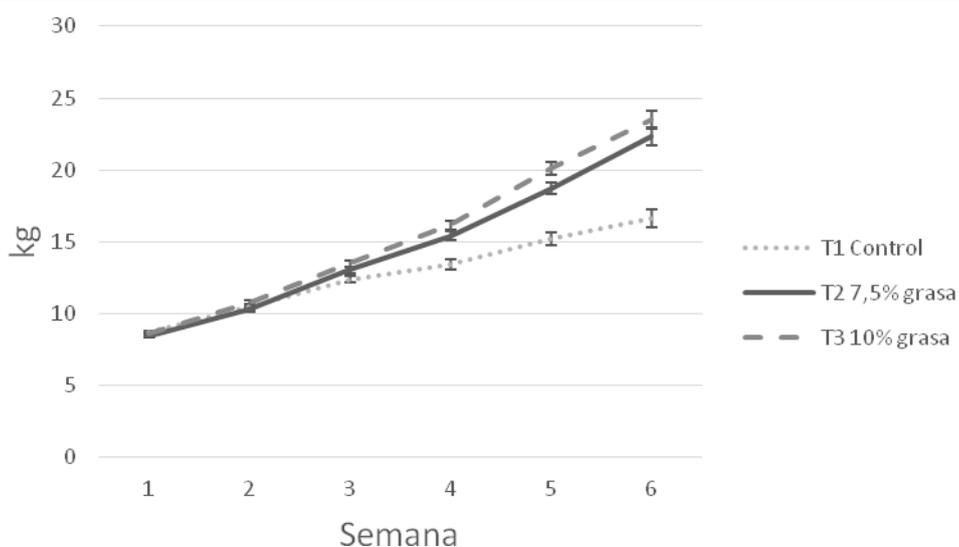
Ítem	Tratamientos			EEM	valor P
	1 5%	2 7,5%	3 10%		
Peso de cerdos, kg					
Peso inicial	6.61	6.45	6.37	0.156	n.s
Peso final	16.60 b	22.296 a	23.496 a	0.887	<0.0001
Ganancia de peso, kg/d					
Promedio	0.235 b	0.370 a	0.400 a	0.024	0.0009
Consumo de alimento, kg/d					
Promedio	0.673	0.692	0.712	0.017	n.s
ECA <sup>2</sup>					
Promedio	0.35 b	0.54 a	0.56 a	0.033	0.0015

<sup>1</sup>Promedio del tratamiento

<sup>2</sup>ECA, Eficiencia de conversión de alimento; kg Ganancia de peso: kg Consumo alimento

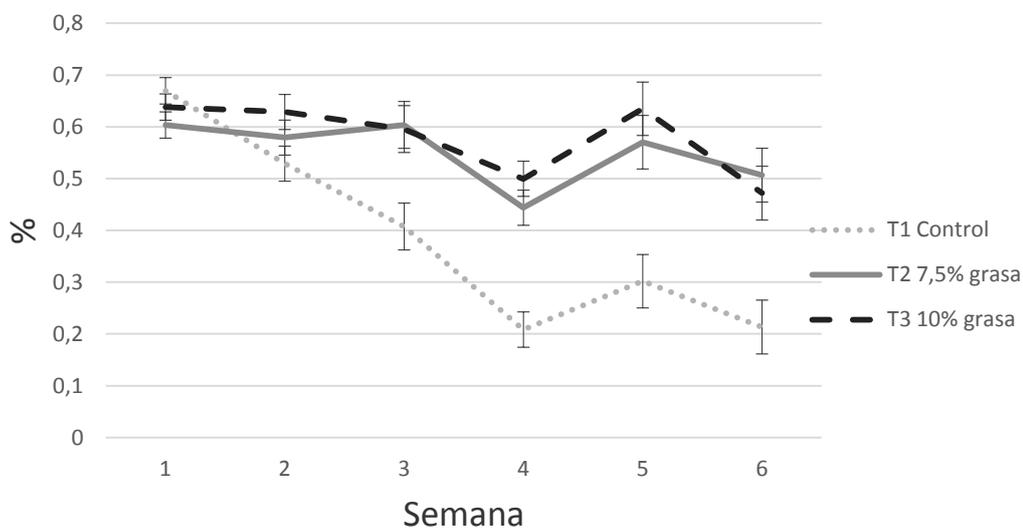
<sup>3</sup>Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas entre tratamientos

La mayor ganancia de peso en los tratamientos con mayor adición de grasa, probablemente fue asociado al mayor contenido energético de la dieta y particularmente a la mayor incorporación de grasa, aún cuando en las primeras dos semanas no hubo diferencias entre los tratamientos. Esta última aseveración concuerda con los resultados de Cera *et al*, (1989, 1990); Overland (1993); Adeola *et al* (2013), quienes observaron este mismo comportamiento.



**Figura 5.** Evolución del peso de los cerdos durante el periodo de recría

La inclusión de grasa mejoró linealmente la ECA, lo que ha sido corroborado por Mendoza y van Heugten (2014).



**Figura 8.** Comportamiento de ECA durante el periodo total.

En este ensayo, los lechones utilizaron la energía de las dietas con mayor incorporación de grasa con una mayor eficiencia a lo largo de todo el período experimental, a pesar que mostraron un mayor consumo, la ganancia de peso fue de todas maneras superior. Esta situación fue previamente observada por Pettigrew *et al* (1989) y Overland *et al* (1993).

La mayor respuesta en GDP y ECA, debe ser atribuida a las últimas 4 semanas del ensayo, lo que indicaría un efecto acumulativo, adaptando su metabolismo como respuesta a la mayor cantidad de sustrato lipídico. Adicionalmente, la mayor ganancia de peso no solo estaría asociado a la mayor concentración de grasa en la dieta, sino también a una mayor concentración de nutrientes, especialmente proteína, lo cual probablemente permitió una mayor síntesis de musculatura. Es importante señalar que 1 kg. de peso adicional en el período de recría, significaría 4 kgs. extra al finalizar el período de engorda, o bien, un ahorro importante en el número de días para obtener el peso de faena.

Datos entregados por PIC (2014) muestran que a nivel nacional la GDP en recría es de 0.459 kg/día y la conversión alimenticia (Kg de consumo alimento/kg de ganancia de peso) es 1.55. Estas cifras son superiores a los resultados del tratamiento que incorporó un 10% de grasa en la dieta (T3), sin embargo, estos resultados pueden haber estado afectados por la manipulación de los cerdos, producto de los manejos asociados a las mediciones de peso, por lo que el estrés ocasionado puede haber afectado negativamente el rendimiento de los animales. Un factor adicional que influiría negativamente en el rendimiento, sería el suministro del alimento a granel y no peletizado. Xing *et al* (2004), señalan que lechones alimentados en la primera fase posterior al destete con un producto peletizado, lograron mayores ganancias de peso y eficiencias en el período total, lo cual no fue posible en este ensayo, para poder realizar la mezcla de grasa en polvo con el alimento comercial.

Los resultados de este experimento, muestran claramente que la adición de grasa hasta un 10% en la dieta es bien utilizada por los lechones en el período de recría, como lo demuestra la CA, GDP y ECA. Estos resultados podrían estar relacionados principalmente al tamaño de partícula, producto de la atomización y cristalización en frío, que facilitarían el proceso de emulsión y absorción a nivel intestinal, puesto que estas grasas utilizadas en este experimento tenían un alto porcentaje de ácidos grasos saturados de cadena larga, en forma de triglicéridos, lo cual es suficiente para suponer una menor digestibilidad de la grasa, situación que se revirtió a partir del proceso de modificación del estado de la grasa.

## 6. METODO DEL PROYECTO

Informar sobre el método realmente utilizado, los principales problemas metodológicos enfrentados y las adaptaciones o modificaciones introducidas durante la ejecución del proyecto y las razones que justificaron estos cambios.

Una de las modificaciones al proyecto, quizás más importantes al proyecto, fue la autorización que FIA otorgó, para la construcción de un prototipo a menor escala de la torre de atomización y cristalización en frío. Lo que permitió ajustar todos los pasos del proceso, hasta la obtención de la grasa en polvo (temperatura de inyección, capacidad de frío, mezcla de grasas, composición de ácidos grasos).

Se utilizó una grasa previamente hidrogenada (80-85% de saturación), la cual fue atomizada mediante un disco spray a 25 a 30.000 rpm, en una cámara de acero inoxidable enfriada por aire a una temperatura de -5 °C. Esta temperatura, es inferior a la temperatura de solidificación y las partículas de grasas sufren un proceso de cristalización, que confiere un aspecto de polvo. Las grasas fueron producidas en el secador Spray Niro, adaptado al secado en frío.

El mayor inconveniente que se presentó en este prototipo, se relacionó a la temperatura ambiente, cuando ésta superaba los 12 °C, puesto que los compresores utilizados para enfriar el aire, no eran capaces de mantener una temperatura constante de -5°C al interior de la cámara de cristalización, produciéndose una grasa en estado de interfase, entre sólida y cristalizada.

Esta situación, fue analizada con el Ingeniero Carmona, responsable del sistema de enfriamiento, se determinó aumentar la capacidad de los impresores, de tal manera de mantener una temperatura de - 20°C en la cámara de cristalización, para así independizar el proceso de cristalización de la temperatura ambiente al exterior.

Con respecto a la grasa a utilizar, finalmente ésta estará compuesta por aceite de soya y/o palma y su porcentaje de incorporación en la mezcla dependerá del precio de mercado. Puesto que también se demostró que ambas al ser hidrogenadas en un porcentaje sobre 80%, se comportan bien desde el punto de vista de la cristalización y biológicamente son bien toleradas por los cerdos en alta concentración, al ser fácilmente emulsionadas y presentar un alto coeficiente de absorción (digestibilidad). Por lo que a nivel comercial, se lograrán ganancias de peso y eficiencias de conversión óptimas.

## 7. ACTIVIDADES DEL PROYECTO

Informar sobre las principales actividades realizadas en el proyecto e indicar si existieron discrepancias respecto a lo programado inicialmente y cuáles fueron las razones.

A continuación se incluyen las principales actividades realizadas para el logro de cada uno de los siguientes objetivos:

### Objetivo 1:

Para el desarrollo de este objetivo, se realizó un análisis de los antecedentes disponibles sobre la industria de producción de carne de cerdos, y otros y los productos sustitutos presentes en el mercado, para determinar la factibilidad del proyecto desde el punto de vista del mercado.

### Objetivo 2:

Las actividades realizadas para contar con un equipo prototipo fueron las de reparación y ajustes del sistema (adaptándola al uso de frío) que permitiera obtener parámetros de producción y operación que pudieran ser utilizados para el diseño de una planta a escala comercial.

### Objetivo 3:

Las actividades contempladas en este objetivo, fueron las relacionadas con el diseño de la planta, con la elaboración de planos y cotización de equipos, la solicitud de permisos para su funcionamiento, lo cual aún está en proceso de obtención, por la inclusión de requerimientos más allá de lo exigido en la norma actual. Se ha construido todos los componentes requeridos para la planta partir del diseño del prototipo, faltando su montaje final, que debe ocurrir en los próximas semanas una vez obtenido el permiso municipal y de salud.

### Objetivo 4:

Se realizaron todas a las actividades referidas a la determinación de los perfiles de ácidos grasos de la grasa a producir y la realización de sus respectivas cromatografías, para finalmente seleccionar la mezcla de aceites pertinentes para las distintas aplicaciones de la grasa en polvo (Gestación-lactancia y recría en el caso de cerdos).

Objetivo 5: Para la obtención de las grasas para realizar los ensayos se realizaron aquellas actividades relacionadas a la adquisición de las materias primas, el procesamiento y la obtención de la grasa en polvo en la cámara de atomización y cristalización e frío del equipo prototipo.

Objetivo 6: El desarrollo de las actividades relacionadas a la investigación realizada e hembras gestantes, tuvo en un principio cierta demora pero luego se desarrolló sin tropiezos, lográndose una adecuada investigación del estado del arte de la adición de grasas en cerdas gestantes, el diseño de la metodología y del experimento, para luego realizar las actividades logísticas de provisión de los insumos requeridos y por consecuencia la ejecución de la investigación.

En el caso de los ensayos de suplementación de grasa en cerdos de recría esto, tuvo un fuerte retraso producto de la presencia del virus PRRS, lo cual afecto la

cadena de suministros del proyecto, entreteniendo su inicio. Por esto fue necesario solicitar una extensión del proyecto, que permitiera contar con los resultados de estas investigaciones para el futuro desarrollo comercial del producto. En general estos ensayos (dos en total) se realizaron, una vez iniciados, sin mayores desvíos de lo planificado.

Todas estas investigaciones cuentan con sus informes que son insumos importantes para la difusión de las ventajas en la inclusión de grasas en las dietas de cerdos.

Objetivo 7: Tal como lo sucedido en el ensayo de suplementación con grasas en dietas de animales de recría, esta investigación también sufrió el retraso en su inicio, pero su desarrollo fue sin mayores problemas pudiéndose en el plazo del proyecto obtenerse sus resultados y su informe final.

Objetivo 8:

Las actividades contempladas en el desarrollo de este objetivo, fueron desarrolladas en el marco del diseño de un plan de negocio de una empresa de alimentos de uso animal, la cual es un insumo relevante para el futuro comercial del proyecto, determinándose el análisis económico de los resultados, incluyendo las distintas líneas de productos, con el diseño de la estrategia de negocio y comercial.

## **DIFUSION DEL PROYECTO**

Informar sobre las actividades y/o publicaciones de difusión que se realizaron en el marco del proyecto.

Se han realizado 4 ensayos, que darán origen a publicaciones científicas y de extensión, las que se encuentran actualmente en la fase final de su preparación. Estos artículos serán enviadas a publicación en revistas nacionales e internacionales.

Los resultados serán presentados en el congreso anual de la sociedad chilena de producción animal (SOCHIPA) durante el año 2015, donde se expondrán a lo menos 3 trabajos en modalidad oral o bien como poster.

Se contempla también, invitar a productores porcinos y asesores a una jornada de trabajo, donde se expondrán los resultados obtenidos en este proyecto y se darán a conocer los productos que se elaborarán a partir de esta grasa.

Se elaborarán fichas técnicas correspondientes a cada uno de los productos y se enviarán a planteles porcinos, laboratorios y asesores vinculados al sector porcino.

## 8. POTENCIALES IMPACTOS DEL PROYECTO

En base a los resultados alcanzados en el proyecto, indicar cuales pueden ser los potenciales impactos de los mismos, en términos económicos, sociales, ambientales, etc.

Uno de los productos que probablemente será lanzado en el corto plazo, es un producto que contiene un 40% de grasa cristalizada, 52, 84% de suero de leche en polvo y 6,52% de una proteína derivada de soya. Tiene un costo empresa para Lowerquim de \$1.061 pesos/kg. La estimación de acuerdo al mercado es un precio de venta de \$1.465 pesos/kg, lo que permitiría una buena rentabilidad del producto para le empresa, considerando sólo un mercado potencial de un 35% de la población total de hembras. Para esto, se considera utilizar la máxima capacidad instalada de la planta de producción de grasa en polvo de 50 toneladas y 125 toneladas de producto.

Para el productor porcino, se estima una utilización de 1,5 kg/grasa/lechón en el período de recría. Lo que se estima, deberá tener un margen de ganancia de 2,5kg al llegar al peso de faena, descontando el costo de utilización.

El uso de fuentes grasas, son menos contaminantes que otros ingredientes para la alimentación animal, por la menor producción de heces y facilitar el manejo de purines. Adicionalmente reduce la contaminación ambiental en relación a una menor producción de gases con efecto invernadero.

Una vez instalada la planta, se elaborarán productos para otras especies animales, principalmente bovinos y caprinos de leche. Entre los productos a elaborar son la grasa destinada para sustitutos de leche, lo cual diversificaría el mercado.

## 9. EQUIPO TECNICO Y ASOCIADOS DEL PROYECTO

Indicar como ha funcionado el equipo técnico del proyecto y cuál ha sido la relación con los asociados.

El equipo técnico encargado de la ejecución del proyecto estaba conformado por los profesores Fernando González y Mónica Gandarillas, y la asesoría de expertos en sistemas de frío, Ingeniero Mario Carmona; empresa Ingeter a cargo de Fernando Solís, experto en construcción de plantas industriales; Ingeniero Jose Miguel Maturana, experto en el funcionamiento y mantención de torres de secado de la empresa  $\alpha$ -Química y la empresa Nozzles Ltda., importadora de boquillas de atomización.

Las relaciones con el ejecutor Sr. Francisco López han sido excelentes, no siendo tan fluidas las relaciones con la empresa SPES, por cambio en la visión y política de la empresa.

## 10. PROBLEMAS DURANTE LA EJECUCION DEL PROYECTO

Indicar cuales fueron los principales problemas enfrentados (técnicos, administrativos, etc.) durante la ejecución del proyecto y las medidas que fueron tomadas para enfrentar cada uno de ellos.

El poder implementar un prototipo a escala menor de una torre para la transformación de grasa por atomización y cristalización en frío, más que un problema fue un gran desafío, lo que permitió cumplir los objetivos del proyecto y lograr obtener una grasa en polvo, que puede tener una gran repercusión en producción animal.

Otro problema fuera de nuestro alcance, fue el quiebre de inmunidad y presentación del PRRS (Síndrome Respiratorio y Reproductivo Porcino), que impidió poder adquirir los animales para ejecutar las investigaciones durante un periodo de tiempo no menor, lo cual repercutió en la demora de la obtención de resultados.

Los planos iniciales de construcción de la torre de atomización y cristalización fueron modificados, respecto al diseño del prototipo, a raíz de los algunos inconvenientes de éste último, como corregir la capacidad de frío, aumentándola a una mayor potencia y eliminando la recirculación del aire. Además otra modificación necesaria es mantener el ambiente cercano a la torre bajo temperatura controlada a 18 °C.

Otra situación que escapa a nuestro alcance, fue toda la burocracia para conseguir los permisos de autorización de instalación y funcionamiento de la planta. No existe un reglamento que indique todos los requerimientos para tales efectos. A modo de ejemplo, es necesario la medición de ruidos, para ello debe estar en funcionamiento la planta, pero por otro lado, impiden la instalación de la planta al no tener la medición de ruidos. Actualmente, están todas las partes del equipo terminadas, pero no es posible ensamblarlas producto de los trámites que deben cumplirse.

Otro problema que podría presentarse respecto a la comercialización, es que previamente a su lanzamiento, el ejecutor Sr. Francisco López, deberá validar los resultados experimentales obtenidos, en planteles comerciales. Lo cual involucra tiempo y costos a cargo del ejecutor.

## **11. APRENDIZAJE DE LA EJECUCION DEL PROYECTO**

Indicar cuales fueron los principales aprendizajes que dejó la realización del proyecto.

Ver punto 12. Conclusiones y recomendaciones.

## 12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Indicar cuales fueron los principales aprendizajes que dejó la realización del proyecto.

Los principales aprendizajes es haber participado en un área de equipamiento y procesos industriales, área que no estaba dentro de nuestra especialización, sino más bien abordada por áreas de la ingeniería. Al igual que la química industrial relacionada al procesamiento de grasas. Todo en un lenguaje muy ingenieril.

El abrir una ventana en cuanto al requerimiento de grasas en la alimentación animal, en el área de animales monogástricos. El conocimiento que la digestibilidad de las grasas disminuye a medida que aumenta su concentración en la dieta, la forma (triglicéridos) y estructura química de la grasa (largo de cadena y nivel de saturación), disminuye la digestibilidad de las grasas. Ésta situación puede ser revertida a través de mejorar el grado de emulsión utilizando productos químicos para tal efecto y especialmente por medio de disminuir el tamaño de partícula, de manera preponderante. Son hechos constitutivos de gran interés para la industria de alimentos para uso animal.

Finalmente, como conclusión general a partir de todos los ensayos realizados, es posible señalar que el proceso de atomización y cristalización de pequeñas partículas de aceite, facilitaría el proceso de emulsificación en acción sinérgica con la lecitina de soya, independiente del largo de cadena de carbonos y grado de saturación, lo que se refleja en una mejor ganancia de peso y eficiencia de conversión alimenticia.

### **13. ANEXOS**

Realice y enumere una lista de documentos adjuntados como anexos.

Anexo 1: Efecto de la suplementación de cerdas con ácidos grasos poliinsaturados omega-3 durante gestación y lactancia sobre la composición de la leche y el crecimiento de lechones.

Anexo 2: Evaluación nutricional de una dieta para cerdos en etapa de crecimiento producida por atomización externa y cristalización en frío.

Anexo 3: Efecto de la adición de una grasa en polvo en la dieta de cerdos en el período de recría sobre parámetros de crecimiento.

Anexo 4: Estudio De Mercado

Anexo 5: Informe De Adaptación De Torre De Secado Spray

Anexo 6: Manual De uso Equipo de Frío y Secador Niro

Anexo 7: Análisis de Económico de La Implementación de Sistema de Frío y sus Efectos en la Factibilidad Económica del Proyecto de Innovación.

Anexo 8. Fotografías de Cámara de Atomización por Disco y Cristalización Funcionando.

Anexo 9. Informe de Determinación de Parámetros de Balance Térmico y de Operación para el Diseño de la Planta a Escala Semi-Industrial.

Anexo 10. Informe Técnico Equipo Enfriador para Proceso de Cristalización

Anexo 11: Plano de Construcción de Planta Semiindustrial

Anexo 12. Análisis de Registros Equipo para Fabricar Grasa.

Anexo 13. Resultados Análisis Químicos de Composición de Ácidos Grasos.

Anexo 14. Informe de Método y Resultado de Obtención de Grasa en Polvo con Distintas Concentraciones de Ácidos Grasos Omega 3 Obtenidas a través de Atomización Externa y Cristalización en Frío.

Anexo 15: Mercado cerdos para grasa en polvo período recría ( 22-70 días)

**Anexo 1: Efecto de la suplementación de cerdas con ácidos grasos poliinsaturados omega-3 durante gestación y lactancia sobre la composición de la leche y el crecimiento de lechones.**



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE  
FACULTAD DE AGRONOMIA E INGENIERIA FORESTAL  
DIRECCION DE INVESTIGACION Y POSTGRADO  
PROGRAMA DE POSTGRADO EN CIENCIAS DE LA AGRICULTURA  
**MAGISTER EN CIENCIAS ANIMALES**

**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE CERDAS CON ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS OMEGA-3 DURANTE GESTACIÓN Y LACTANCIA SOBRE LA COMPOSICIÓN DE LA LECHE Y EL CRECIMIENTO DE LECHONES**

Tesis presentada como requisito para optar al grado de

*Magister* en Ciencias Animales

por:

**Mariola Grez Capdeville**

Comité de Tesis  
Profesores Guía:  
Mónica Gandarillas Henríquez  
Fernando González Munizaga  
Profesor Informante:  
Einar Vargas Bello Pérez

## **Agradecimientos**

A la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), por su apoyo financiero para el proyecto PYT-2011-0057 parte importante de esta investigación.

Al Centro de Investigación, Innovación Tecnológica y Capacitación para la Industria Porcina Nacional (CICAP), y a su Directora Ejecutiva Virginia Astorga, por su contribución durante el desarrollo de la experimentación.

A la empresa Agrícola AASA, por su apoyo técnico y colaboración con los animales para la experimentación.

A mis profesores guía, Mónica Gandarillas y Fernando González, por su confianza al hacerme partícipe de este proyecto; y por su dirección, supervisión y ayuda durante todo el proceso. A mi profesor informante Einar Vargas por su revisión y comentarios.

Al personal de la Estación Experimental de la Fundación Agro-UC, en especial a su Gerente Cristián Reyes.

Al personal del Departamento de Ciencias Animales de la Pontificia Universidad Católica de Chile, a María Eugenia Garín y José Puebla. A Juanita Clavijo y Jorge Manzor, por guiar y apoyar mi trabajo en laboratorio.

A mi familia, por su apoyo y motivación durante toda mi carrera, que fue fundamental para el desarrollo de esta tesis.

A mis amigos quienes indirectamente contribuyeron. A Tomás Benavente, por su ayuda, apoyo y paciencia en este largo proceso.

Mariola Grez Capdeville

### Abstract

**Mariola Grez Capdeville. Effect of sow's supplementation with omega-3 polyunsaturated fatty acids during gestation and lactation on milk composition and piglet's growth. 2014.** Tesis, *Magister* en Ciencias Animales, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 30 pp.

A study was conducted to determine the effect of sow's supplementation with EPA and DHA fatty acids on colostrum and milk composition, milk yield and piglet's pre and post-weaning growth. Fifteen pregnant sows (parity 7) were assigned to three dietary treatments from day 100 of gestation until weaning (day 28). Control sows (T0) were fed with a basal diet. Supplemented sows were fed with a basal diet plus 20 g (T1) or 40 g (T2) of a powdered fat high in EPA (2.7%) and DHA (1.8%) fatty acids per kg of diet. Diets were made isoenergetic by adding a powdered fat without EPA and DHA to give a total of 40 g powdered fat/kg diet. During gestation sows were fed with experimental diet at 3 kg/d and *ad libitum* during lactation. After farrowing colostrum samples were collected. Weekly milk samples were collected and milk yield was measured using the weigh-suckle-weigh method. At weaning, eight piglets with weight  $9.55 \pm 0.732$  kg were selected from each sow to determine the effect of maternal supplementation with EPA and DHA in growth during nursery. Milk and colostrum composition and milk yield were similar among diets ( $P > 0.05$ ). There were no differences among treatments ( $P > 0.05$ ) for piglet's weight and average daily gain during lactation. Maternal supplementation had not effect ( $P > 0.05$ ) on pig's growth and feed conversion during nursery. Probably, higher concentrations of EPA and DHA in sows diets and a longer time of supplementation are required for showing effects of these fatty acids on suckling piglets and nursery pig's performance. In future researches, additionally to total EPA and DHA contents, changes in the relation between these fatty acids according to the time of supplementation should be considered.

**Key words:** omega-3 supplementation, eicosapentaenoic acid, docosahexaenoic acid, sow milk composition, piglets

## Introducción

La productividad de una cerda se mide según la cantidad y peso de lechones destetados al año. Este parámetro es altamente influenciado por la mortalidad de los lechones entre el parto y el destete (Gill, 2007), ya que durante este periodo se produce el mayor número de muertes alcanzando, en Chile, un promedio de 8.33% (Pig Improvement Company [PIC], 2014), lo que genera importantes pérdidas económicas a los productores. Las principales causas de muerte de cerdos neonatos, en los sistemas intensivos, se deben al aplastamiento, bajo peso al nacimiento, inanición y enfermedades (Edwards, 2002). Por otro lado, los lechones destetados se ven sometidos a nuevos factores estresantes como separación de sus madres, cambios del lugar de alojamiento (ambiente) y de alimentación (palatabilidad, consistencia y digestibilidad), y exposición a nuevos agentes patógenos. Esto hace que se pueda generar una pérdida en producción y/o afectar la respuesta inmune favoreciendo el desarrollo de enfermedades (Kelley, 1980; Campbell *et al.*, 2013).

Uno de los factores más relevantes que afectan la sobrevivencia de lechones en maternidad es la nutrición de la cerda durante la gestación y la lactancia. La calidad y cantidad de alimento consumido por la cerda repercute en el desarrollo del feto (Edwards, 2002), en el rendimiento y composición de la leche, y por consiguiente, en los nutrientes traspasados al lechón. Adicionalmente, el correcto desarrollo y ganancia de peso en el periodo pre-destete afecta el consumo de alimento y la ganancia de peso del cerdo en el periodo post-destete (Mahan y Lepine, 1991).

En relación a la nutrición de la cerda y lechones, diversos estudios se han enfocado en determinar cómo afecta productivamente la presencia de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga (específicamente n-6 y n-3) en dietas de cerdas durante gestación y lactancia. Estos ácidos grasos son de gran relevancia nutricional debido a que son considerados para los mamíferos como ácidos grasos esenciales. Esto se debe a que sus precursores: el ácido linoleico (AL, 18:2 n-6) y el ácido alfa-linolenico (AAL, 18:3 n-3) no pueden ser sintetizados endógenamente (Kim *et al.*, 2007), por lo que deben ser consumidos en la dieta. La principal fuente de AL son los aceites vegetales (ej. aceites de maíz, semilla de girasol y semilla de algodón) y de AAL los alimentos marinos, aceites vegetales y semillas (ej. aceites de pescados, linaza y nueces) (Covingston, 2004).

Los mamíferos poseen enzimas de desaturación (desaturasas) y elongación (elongasas) que transforman AL y AAL en ácidos grasos polinsaturados de cadena más larga (Uauy y Castillo, 2003). A partir de AL, se sintetiza principalmente el ácido araquidónico (ARA, 20:4 n-6), y desde de AAL el ácido eicosapentaenoico (EPA, 20:5 n-3) y docosahexaenoico (DHA, 22:6 n-3) (Covingston, 2004). Entre ambas series se produce una competencia por las enzimas de desaturación y elongación y en consecuencia, la relación n-6/n-3 existente en el organismo se ve determinada por la concentración de estos ácidos grasos en la dieta. Los ácidos grasos de las series n-6 y n-3 son metabólicamente y funcionalmente distintos y muchas veces ejercen funciones fisiológicas opuestas (Simopoulos, 2008) por lo que es necesario buscar su equilibrio dietario. Debido a que las dietas de cerdos se basan principalmente en granos, estas contienen una cantidad significativamente mayor de n-6 que n-3. Esto implica que es necesario incluir en la dieta de los animales fuentes naturales con alta cantidad de EPA y DHA pre-formados, como aceites de pescado, o alimentos enriquecidos con estos ácidos grasos.

La suplementación de cerdas gestantes y lactantes con EPA y DHA favorece el desarrollo fetal y la salud neonatal (Kim *et al*, 2007). El beneficio de esta suplementación se relaciona con la acumulación de ácidos grasos necesarios para el normal crecimiento y desarrollo del neonato (Leskanich y Noble, 1999). Una ración rica en EPA y DHA, permite aumentar la concentración de éstos en la secreción láctea (Laws *et al*, 2009). El mayor consumo de n-3 por lechones, puede aumentar su inmunidad debido a que la presencia de estos ácidos grasos se relaciona con la reducción de eicosanoides pro-inflamatorios (Leskanich y Noble, 1999) asociados con diversas enfermedades. Además, la suplementación materna con aceites ricos en n-3 permite incrementar la concentración de inmunoglobulinas en el calostro (Laws *et al*, 2009) y así aumentar su calidad inmunitaria.

El objetivo de esta investigación es determinar el efecto de la suplementación de cerdas durante gestación y lactancia con una grasa enriquecida con ácidos grasos EPA y DHA sobre la composición y producción láctea y crecimiento de lechones durante la lactancia. Además, determinar los efectos de la suplementación materna con n-3 sobre el crecimiento de cerdos durante la recría.

## **Materiales y Métodos**

Esta investigación forma parte de un proyecto de la Fundación para la Investigación Agraria (FIA, PYT-2011-0057) y fue realizada entre los meses de enero a diciembre del año 2013 en el Centro de Investigación, Innovación Tecnológica y Capacitación para la Industria Porcina Nacional (CICAP), ubicado en la Estación Experimental de la Fundación Agro-UC en Pirque, Región Metropolitana, Santiago, Chile.

### *Animales y tratamientos*

Se usaron 15 cerdas gestantes (PIC GP1050) de séptimo parto las que fueron asignadas al azar a uno de 3 tratamientos dietarios (5 cerdas por tratamiento) que diferían en el nivel de suplementación de ácidos grasos poliinsaturados EPA y DHA. Las dietas experimentales se suministraron desde el día 100 de gestación hasta el día 28 de lactancia.

Las cerdas control (T0) fueron alimentadas con una dieta comercial basal de gestación o lactancia (Cuadro 1) de acuerdo a la etapa en que se encontraban. Las cerdas suplementadas se alimentaron con la dieta basal más 20 g (T1) o 40 g (T2) de grasa en polvo con 2.7% de EPA y 1.8% de DHA por kg de dieta. Para hacer las dietas isoenergéticas se usó en el T0 y T1 una grasa en polvo sin EPA y DHA ajustando la inclusión de grasa en polvo a 40 g/kg de dieta. Además, todas las dietas fueron isonitrogenadas, isolipídicas e isofibrosas.

**Cuadro 1.** Composición de las dietas basales de gestación y lactancia y su contenido nutricional.

Ítem	Gestación	Lactancia
Ingrediente, g/kg		
Maíz	339.20	551.93
Sorgo	300.00	150.00
Afrecho de Arroz	-	180.00
Afrecho Trigo	250.00	55.00
Alfalfa	30.00	-
Levadura	2.00	-
Afrecho de Soya	1.30	10.50
Poroto de Soya	16.00	12.00
Aceite de Ave	21.00	-
Lisina	5.60	1.57
Treonina	1.40	1.00
Metionina	1.00	1.00
Fitasa	5.80	6.00
Carbonato Calcio	16.00	6.00
Sal	6.00	-
Sulfato Cu	0.50	-
Antioxidante (etoxiquina)	0.20	-
Premix vitamínico mineral	4.00	25.00
Análisis de Nutrientes, %		
Materia Seca	88.61	88.87
Proteína Cruda	12.56	17.77
Fibra Cruda	6.30	4.40
Extracto Etéreo	5.25	3.08
Cenizas	6.14	6.39
Energía Metabolizable, Mcal /kg	3.13	3.10

Para efectos de la suplementación, se formularon dos grasas en polvo. 1) Grasa sin EPA y DHA (G1): 95% de grasa hidrogenada y 5% de lecitina de soya utilizada como emulsificante. 2) Grasa con EPA y DHA (G2): 80% de grasa hidrogenada, 15% de aceite de pescado (con 18% de EPA y 12% de DHA) y 5% de lecitina de soya.

La grasa suplementada en T0 correspondió a 40 g/kg de G1, en T1 20 g/kg de G1 + 20 g/kg de G2 y en T2 40 g/kg de G2.

El perfil de ácidos grasos de los ingredientes utilizados para la producción de las grasas en polvo se presenta en el Cuadro 2.

**Cuadro 2.** Perfil de ácidos grasos (%) de los ingredientes de las grasas en polvo suplementadas desde el día 100 de gestación hasta el fin del periodo de lactancia (día 28 post-parto)

Ácido graso	Grasa hidrogenada <sup>1</sup>	Aceite de pescado <sup>2</sup>
14:0	1.23	6.62
16:0	49.87	14.90
18:0	45.50	3.92
18:1 n-9	1.49	8.15
18:2 n-6	0.34	2.27
18:3 n-3	0.00	1.20
20:1 n-9	0.00	1.32
20:5 n-3	0.00	18.04
20:0	0.48	0.28
22:1 n-9	0.00	0.16
22:5 n-3	0.00	2.25
22:6 n-3	0.00	12.09
$\Sigma S^3$	97.97	26.62
$\Sigma M^4$	1.69	17.74
$\Sigma P^5$	0.34	41.48

<sup>1</sup>Grasa hidrogenada derivada de aceite de pescado refinado y desodorizado

<sup>2</sup>Aceite de pescado refinado (18% EPA y 12% DHA)

<sup>3</sup>S: ácidos grasos saturados

<sup>4</sup>M: ácidos grasos monoinsaturados

<sup>5</sup>P: ácidos grasos poliinsaturados.

#### *Producción de grasa en polvo*

Las grasas en polvo fueron producidas mediante un proceso de atomización y cristalización en frío utilizando un equipo de secado spray modificado (Compact Gas N° 28036, APV Anhydro SA). El equipo se adaptó incorporándole un compresor que permite enfriar el aire atmosférico que ingresa a la cámara de cristalización a una temperatura de  $-3 \pm 2$  °C. Dicha cámara se mantuvo a una temperatura de  $0 \pm 2$  °C. La mezcla de aceite y/o grasa con emulsificante fue fundida a 80 °C e inyectada a la cámara a través de un disco atomizador (CF-100/28060, APV) girando a 25.000 RPM. Mediante el uso de un separador ciclónico las partículas de grasa cristalizada se separan del aire. Luego, un ventilador centrífugo (CPE-315/50/R, Novenco) expulsa el aire fuera del equipo y permite recolectar la grasa en polvo. La grasa producida fue almacenada en bolsas de 5 kg y mantenida a temperatura ambiente hasta su utilización.

### *Alimentación y manejo de cerdas*

Las cerdas fueron dispuestas aleatoriamente en jaulas individuales de gestación (2.1 x 0.6 m) con comedero y bebedero individual. Las jaulas se ubicaron dentro de un galpón con temperatura controlada ( $21^{\circ}\text{C} \pm 4$ ), luz natural y ventilación con cortinas automáticas. Al día 112 de gestación, las hembras fueron trasladadas al galpón de parto y maternidad. Previo al ingreso al galpón, las cerdas fueron lavadas con agua y escobilladas, especialmente en la línea mamaria y extremidades posteriores. Luego, se desinfectaron mediante aspersión con una solución yodada al 10%. En el sector de maternidad, cada animal fue ubicado al azar en una jaula individual (2.1 x 1.8 m) provista de comedero y bebedero. Durante la investigación el galpón de maternidad permaneció completamente cerrado con temperatura controlada ( $21^{\circ}\text{C} \pm 4$ ), panel forzado de ventilación y luz artificial. A partir del día 100 de gestación se alimentó con 3 kg/día de la dieta experimental de gestación según el tratamiento correspondiente. Desde el día 1 post-parto las cerdas fueron alimentadas con la dieta experimental de lactancia, aumentando progresivamente la entrega de alimento desde 3 kg/día el primer día post-parto hasta 4 kg/día el tercer día. A partir del cuarto día fueron alimentadas *ad libitum* hasta el fin del periodo de lactancia (día 28). El consumo de alimento fue registrado semanalmente.

### *Parto y manejo de lechones*

Los partos fueron atendidos pero no inducidos hormonalmente. Se registró la fecha de parto y la duración de la gestación. Cada lechón nacido fue removido de la madre, secado, pesado y puesto en una caja caliente. Transcurridos 30 minutos del primer lechón nacido los lechones fueron devueltos a su madre donde permanecieron durante todo el período de lactancia. Se registró el número de lechones nacidos vivos, muertos y fetos momificados. La temperatura local para lechones se reguló mediante el uso de una lámpara infrarrojo y un panel caliente, la que fue mantenida a  $35^{\circ}\text{C} \pm 2$  al momento del parto con posterior ajuste al aumentar las semanas de vida alcanzando  $24^{\circ}\text{C} \pm 1$  al final del periodo. El primer día después del nacimiento, los lechones fueron inyectados con 1ml de una solución con 20% de hierro dextrano y 0,005% de vitamina B12 (Duplafer® Veterquímica). Además, se identificaron mediante numeración por muescas en las orejas.

Al sexto día se realizó el corte de cola. Los lechones fueron pesados semanalmente (días 7, 14, 21 y 28) para determinar la ganancia de peso diaria (GPD).

#### *Producción de leche*

La producción de leche fue estimada mediante una adaptación del método *weigh-suckle-weigh* de Speer y Cox (1984), descrito por Noble *et al.* (2002). Los lechones fueron apartados de la hembra, dentro de la misma jaula, una hora antes de la medición. Al término de la hora, los lechones fueron pesados obteniendo el peso pre-amamantamiento. Luego, se pusieron junto a las hembras para permitirles mamar hasta que ocurriera un término sincronizado de succión entre los lechones (10 minutos aproximadamente). Inmediatamente después, los lechones fueron retirados y pesados para obtener el peso de camada post-amamantamiento. El procedimiento fue repetido cada hora hasta obtener cuatro mediciones de rendimiento de leche. Los rendimientos por hora fueron determinados mediante la diferencia de peso pre y post-amamantamiento. El rendimiento diario de leche se obtuvo multiplicando por 24 el rendimiento promedio por hora.

#### *Recolección y análisis de muestras*

Las muestras de calostro y leche fueron colectadas mediante ordeña manual de todos los pezones funcionales de la cerda. El calostro (50 ml) se colectó transcurridos 30 minutos de la expulsión del primer lechón, para lo cual se procedió a la separación inmediata de la cerda y lechones al iniciarse el parto. La leche (50 ml) se obtuvo los días 7, 14, 21 y 28 post-parto, de acuerdo al protocolo los lechones fueron removidos de la hembra una hora previa a la extracción. Cinco minutos antes de la ordeña la cerda recibió una inyección intramuscular de oxitocina (2ml, 20 UI) para facilitar la bajada de leche. Las muestras de calostro y leche fueron almacenadas a -20°C hasta el momento del análisis. Cada muestra fue analizadas para determinar el contenido de grasa total (método de Gerber; British Standards Institution 696,1969), proteína cruda (método 16.036; Kjeldahl N x 6.38), lactosa (método 31.036; azúcares invertidos Lane y Eynon), sólidos totales (método 16.032) y ceniza total (método 16.035) según procedimientos de AOAC (1984).

### Alimentación y manejo de cerdos durante la recría

Al momento del destete, se seleccionaron ocho lechones de peso  $9,55 \pm 0,732$  kg de cada camada. Estos fueron trasladados al galpón de recría con condiciones de temperatura controlada (PIC, 2009a), panel forzado de ventilación y luz artificial. En el galpón, los ocho cerdos de una misma camada, fueron asignados aleatoriamente a un corral, donde permanecieron hasta el final de la investigación (día 70). Cada corral contó con comedero seco y bebedero individual. Todos los cerdos, independiente del tratamiento al cual la madre fue sometida, fueron alimentados *ad libitum* con dietas comerciales de recría de acuerdo a su edad (Cuadro 3): Fase 1 desde el día 29 al 39; Fase 2 del día 40 al 49 y Fase 3 del día 50 al 70. El peso individual de los cerdos y el consumo de alimento por corral fue registrado semanalmente durante el periodo de recría (día 29 - 70) para determinar la GPD y el consumo de alimento promedio diario.

### Análisis estadístico

El efecto de la suplementación en los distintos parámetros fue analizado en una ANOVA para diseño completamente al azar. Los datos se procesaron en SAS (Statistical Analysis Software) mediante un modelo lineal general (GLM) y las diferencias entre medias fueron analizadas por el test Student-Newman-Keuls (SNK).

**Cuadro 3.** Composición de las dietas de recría y su contenido nutricional (día 29 al 70).

Ítem	Fase 1 día 29 - 39	Fase 2 día 40-49	Fase 3 día 50 – 70
Ingrediente, g/kg			
Maíz	495.50	531.00	482.98
Avena	50.00	50.00	-
Arroz despunte	-	-	136.00
Afrecho Trigo	10.00	20.00	-
Afrecho de Soya	114.00	169.10	133.00
Harina de Pescado	25.00	20.00	-
Concentrado Proteico Soya	40.00	25.00	-
Poroto de Soya	40.00	60.00	212.00
Permeato de lactosa	58.00	35.00	-
Aceite de ave	-	-	3.00
Suero de leche re-engrasado	25.00	-	-
Lisina	2.50	2.00	4.40
Treonina	2.00	1.20	1.10
Triptofano	-	0.20	0.18
Metionina	2.00	2.00	2.54

Valina	0.50	0.50	-
Fitasa	7.50	7.00	4.60
Carbonato Calcio	-	-	12.00
Sal	-	-	4.50
Oxido Zn	3.00	2.00	-
Sulfato Cu	-	-	0.50
Antioxidante (etoxiquina)	-	-	0.20
Premix vitamínico mineral	100.00	75.00	3.00
Plasma Porcino	25.00	-	-
Análisis de Nutrientes, %			
Materia Seca	90.64	89.17	88.21
Proteína Cruda	21.19	19.64	20.10
Fibra Cruda	3.55	3.80	5.32
Extracto Etéreo	4.24	3.45	4.41
Cenizas	7.66	6.10	6.35
Energía Metabolizable, Mcal/kg	2.96	3.06	3.38

## Resultados y Discusión

### *Consumo de alimento y n-3 en cerdas gestantes y lactantes*

El efecto de los tratamientos sobre el consumo de alimento y de los ácidos grasos EPA y DHA es presentado en el Cuadro 4.

**Cuadro 4.** Consumo de alimento y ácidos grasos EPA y DHA por cerdas durante el periodo de lactancia (día 0 al 28).

Ítem	Tratamientos			Prom. <sup>1</sup>	EEM <sup>2</sup>	valor P
	0	1	2			
Consumo de alimento, kg/d						
Semana 1	3.03	3.95	4.15	3.73	0.278	0.280
2	5.51	5.24	5.42	5.38	0.440	0.967
3	6.29	6.46	7.28	6.66	0.372	0.551
4	7.26	7.53	6.89	7.25	0.428	0.828
Promedio	5.52	5.80	5.93	5.75	0.274	0.836
Consumo promedio de EPA <sup>35</sup> , g/d						
Semana 1	-	2.05	4.31	3.06		
2	-	2.72	5.63	4.02		
3	-	3.36	7.56	5.23		
4	-	3.91	7.16	4.42		
Promedio	-	3.01	6.16	3.05		
Consumo promedio de DHA <sup>45</sup> , g/d						
Semana 1	-	1.37	2.81	2.04		
2	-	1.81	3.75	2.68		

3	-	2.24	5.04	3.49
4	-	2.61	4.77	2.94
Promedio	-	2.01	4.11	2.94

<sup>1</sup>Promedio entre tratamientos

<sup>2</sup>Error estándar de la media

<sup>3</sup>EPA proveniente exclusivamente de la grasa suplementada

<sup>4</sup>DHA proveniente exclusivamente de la grasa suplementada

<sup>5</sup>Cálculo de acuerdo al consumo de grasa suplementada y su composición

De acuerdo al consumo de la dieta experimental y su composición, desde el día 100 de gestación hasta el día del parto las cerdas pertenecientes a T0, T1 y a T2 consumieron 0, 0.87 y 1.73 g/d de EPA + DHA respectivamente. Durante la lactancia el consumo de EPA + DHA fue de 0, 5.02 y 10.27 g/día para T0, T1 y T2 respectivamente. Los consumos de EPA y DHA durante la lactancia fueron considerablemente mayores que la dosis diaria recomendada por Leskanish y Noble (1999) de 2.9 g/d.

Durante la lactancia, el consumo de alimento semanal y consumo promedio total no fue afectado por los tratamientos ( $P > 0.05$ ), lo que es consistente con estudios previos en donde cerdas suplementadas con EPA y DHA desde el día 107 de gestación hasta el destete no presentaron diferencias en el consumo atribuible a la suplementación con estos ácidos grasos (Smits *et al.*, 2011). En los tratamientos T0 y T1 el consumo de alimento se incrementó a medida que aumentaron las semanas post-parto alcanzando en la cuarta semana un consumo de 7.26 y 7.53 kg/día, respectivamente. En el T2 el consumo aumentó hasta la tercera semana de lactancia alcanzando 7.28 kg/día; sin embargo, se observó una leve baja de 390 g en la cuarta semana. El consumo de alimento promedio durante la lactancia fue de 5.52, 5.80 y 5.93 kg/día para T0, T1 y T2, lo que es consistente con Koketsu *et al.*, (1996) quienes señalan que las cerdas consumen aproximadamente 5.44 kg/día de alimento, en un periodo de 28 días de lactancia. Sin embargo, según recomendaciones de PIC (2014), para mantener un rendimiento alto de leche, un crecimiento adecuado de la camada y reducir la pérdida de peso corporal de la cerda, el consumo promedio por día de lactancia debe ser 7 kg/día por hembra, lo cual es relativamente superior a lo obtenido en este ensayo. Es relevante considerar que el contenido de extracto etéreo de la dieta basal de lactancia fue de 3,08% y la inclusión de 40 g de grasa en polvo por kg de alimento aumentó el contenido total de grasa a 6,08% para todas las dietas experimentales. El mayor contenido graso pudo haber generado una regulación metabólica con consecuente disminución en el consumo de alimento de la

cerda. Sin embargo, otros autores no han encontrado una disminución en el consumo de alimento de cerdas lactantes cuando éstas son suplementadas con contenidos a cercanos a 9% de grasa en la dieta (Shurson *et al.*, 1986; Tilton *et al.*, 1999). Aunque se hubiese producido una disminución en el consumo, con la suplementación de grasa aumenta la densidad calórica de la dieta, lo que evitaría pérdidas de peso y movilización de las reservas corporales de la cerda que pudiesen afectar negativamente su posterior fertilidad y producción de leche (Koketz *et al.*, 1996). La cantidad de alimento consumido, no se asoció a la oxidación de la grasa suplementada debido a que ésta contenía antioxidantes para impedir su enranciamiento y así evitar la disminución de la palatabilidad y del consumo.

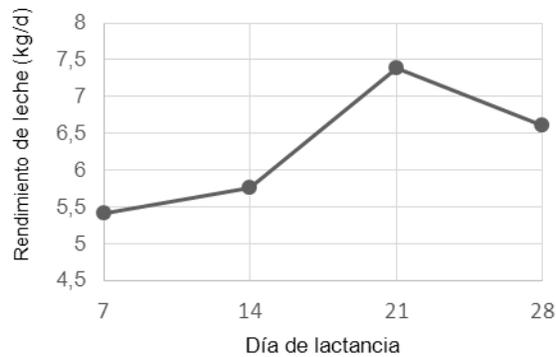
#### *Rendimiento de leche y crecimiento de lechones*

La producción de leche, el tamaño de camada y los parámetros de crecimiento de lechones durante la lactancia son presentados en el Cuadro 5.

La suplementación con ácidos grasos EPA y DHA no causó diferencias significativas entre los tratamientos en relación a la producción de leche de las cerdas durante la lactancia ( $P > 0.05$ ). En estudios anteriores en cerdas lactantes, tampoco se ha encontrado un aumento en el rendimiento de leche atribuible a una suplementación con ácidos grasos poliinsaturados. Laws *et al.* (2009), reportaron que cerdas suplementadas durante la primera o segunda mitad de gestación con 8.49 g/d de EPA y 12.51 g/d de DHA provenientes de aceite de pescado, no presentaron diferencias en cuanto al rendimiento de leche en comparación al tratamiento control (0.27 g/día de EPA y 0.05 g/día de DHA). No se encontraron estudios en los que se reporte un aumento del rendimiento de leche debido a la incorporación de EPA y DHA en la dietas, tampoco los mecanismos de acción por los cuales el rendimiento de leche pudiese verse incrementado.

La curva de producción de leche promedio para todas las cerdas, independientemente de los tratamientos, se presenta en la Figura 1. La producción de leche aumentó desde el día 7 post-parto hasta llegar al *peak* en la tercera semana de lactancia (día 21 post-parto). El aumento gradual en la producción láctea se encuentra relacionado, además del tamaño y

peso de la camada, con el crecimiento de las glándulas mamarias de las cerdas que se produce desde el parto hasta el día 21 de lactancia (Kim *et al.*, 1999).



**Figura 1.** Rendimiento de leche promedio entre tratamientos durante el periodo de lactancia (día 7 – 28)

La producción de leche promedio durante la lactancia de 5.96 kg/día (T0), 6.38 kg/día (T1) y 6.53 kg/día (T2), fue relativamente baja en comparación a lo obtenido por Renaudeau y Noblet (2001) quienes analizaron el rendimiento de leche de cerdas multíparas bajo condiciones dietarias similares a las de esta investigación (15.5% proteína cruda y 6.1% grasa) y donde la producción de leche calculada para los primeros 21 días de lactancia fue de 10.53 kg/día. En esa investigación, la producción de leche fue estimada según la ecuación<sup>2</sup> descrita por Noblet y Etienne (1989), la cual se basa en la GPD de lechones y el tamaño de camada. Lo anterior, se debe a que la producción de leche de una cerda está asociada al tamaño y peso de la camada lactante. Un mayor número de lechones es capaz de estimular más glándulas mamarias y por lo tanto producir un mayor rendimiento de leche. Por otro lado, cerdos más pesados tienen una mayor capacidad de succión y generan una mayor estimulación de las glándulas mamarias (Auldist *et al.*, 2000, Auldist *et al.*, 1998, Koketsu *et al.*, 1996).

Considerando que en la presente investigación no hubo diferencia significativa en cuanto al tamaño de camada y GPD de los lechones durante el periodo de lactancia ( $P > 0.05$ ) la

<sup>2</sup> Rendimiento de leche (g/d) =  $2.5 (\pm 0.26) \times \text{GPD} + 80.2 (\pm 7.8) \times P_i + 7 \times \text{no. lechones}$ ,

R<sup>2</sup> = 0.91.

Dónde: GPD, ganancia de peso diaria de lechones (g); P<sub>i</sub>, peso al nacimiento de lechones (kg)

producción de leche re-calculada para las primeras tres semanas de lactancia de acuerdo a la ecuación de Noblet y Etienne (1989) es de 8.65 kg/día (T0), 7.89 kg/día (T1) y 8.34 kg/día (T2). Esto significa que la producción de leche fue mayor a la estimada por el método *weigh-suckle-weigh*; respaldando lo planteado por otros investigadores (Pettigrew *et al.*, 1985) que indican que éste método subestima el rendimiento de leche obtenido ya que no considera las pérdidas de peso de lechones por orina y fecas que ocurren durante las mediciones. Además, es una causa de estrés para la cerda y los lechones, disminuyendo la secreción láctea de la cerda y el consumo de leche en lechones.

**Cuadro 5.** Rendimiento de leche de cerdas, tamaño de camada y parámetros de crecimiento de lechones durante el periodo de lactancia (día 0 - 28).

Ítem	Tratamientos			Prom. <sup>1</sup>	EEM <sup>2</sup>	valor P
	0	1	2			
Producción de leche, kg						
Día 7	4.50	6.37	5.16	5.42	0.604	0.451
14	5.09	5.29	7.04	5.76	0.400	0.155
21	7.14	7.64	7.31	7.38	0.619	0.942
28	7.10	6.20	6.60	6.60	0.733	0.883
Promedio	5.96	6.38	6.53	6.29	0.463	0.882
Total	166.74	178.58	182.70	176.21	12.966	0.882
Tamaño de camada, n°						
Día 0	14.00	13.80	12.75	13.54	0.688	0.748
7	12.25	12.40	11.50	12.08	0.420	0.662
14	12.25	11.40	11.00	11.54	0.411	0.498
21	11.50	11.20	11.00	11.23	0.445	0.907
28	11.25	11.00	10.25	10.85	0.387	0.587
Promedio	12.25	11.96	11.30	11.85	0.415	0.664
Peso promedio lechón, kg						
Día 0	1.47	1.31	1.37	1.38	0.036	0.218
7	2.70	2.65	2.56	2.64	0.070	0.723
14	4.47	4.48	4.30	4.42	0.126	0.819
21	6.79	6.30	6.27	6.44	0.183	0.473
28	8.88	8.46	8.79	8.69	0.193	0.637

GPD <sup>3</sup> , kg/d							
Semana	1	0.18	0.19	0.17	0.18	0.007	0.383
	2	0.25	0.26	0.25	0.26	0.011	0.887
	3	0.33	0.26	0.28	0.29	0.011	0.061
	4	0.30	0.31	0.36	0.32	0.014	0.203
	Periodo	0.26	0.26	0.26	0.26	0.006	0.752
Mortalidad, %		17.78	18.80	19.52	18.71	3.313	0.979

<sup>1</sup>Promedio entre tratamientos

<sup>2</sup>Error estándar de la media

<sup>3</sup>Ganancia de peso promedio diaria

En cuanto a la GPD de peso de lechones, no se encontró diferencia significativa en lechones cuyas madres fueron suplementadas con n-3 ( $P > 0.05$ ). Smits *et al.* (2011) obtuvieron resultados similares al suplementar a cerdas desde el día 107 de gestación hasta el fin del periodo de lactancia (día 19) con 2.84 g/día de EPA + DHA. Leonard *et al.* (2010), tampoco encontraron una mayor ganancia de peso de lechones al suplementar a cerdas con altas proporciones EPA + DHA (39.05 g/día de EPA y 24.25 g/día de DHA), desde el día 109 de gestación hasta el destete (día 26). Debido al amplio rango de niveles de inclusión de EPA y DHA y los altos niveles utilizados en otras investigaciones se podría concluir que la suplementación con estos ácidos grasos durante el periodo de lactancia no tiene un efecto sobre el crecimiento de lechones lactantes.

Sin embargo, Rooke *et al.* (2001a), determinaron que lechones cuyas madres fueron suplementadas con 3.6 g/día de EPA y 20.9 g/d de DHA (aproximadamente) en diferentes periodos durante la gestación (desde el día 63 a 91 o desde el día 92 a término) presentaron un crecimiento mayor durante la lactancia y fueron más pesados al destete, en comparación a la progenie de cerdas sin suplementar. Lo anterior, es consistente a lo encontrado por Mateo *et al.* (2009) cuando cerdas fueron suplementadas con una fuente de EPA y DHA desde día 60 de gestación hasta el fin de la lactancia (día 21). Las diferencias de peso han sido relacionadas con el aumento de vigor de los lechones nacidos de las cerdas suplementadas, lo que permite a los neonatos encontrar la ubre y lactar más rápido inmediatamente después del nacimiento y durante la lactancia (Rooke *et al.*, 2001a). Sampels *et al.* (2011), evidenciaron que los ácidos grasos EPA y DHA suplementados a cerdas gestantes son capaces de traspasar la placenta e incorporarse a fetos en desarrollo. En éste estudio, se demostró que cuando las cerdas reciben una fuente de n-3 con altos contenidos de DHA durante la gestación, los lechones presentan

al nacer un mayor contenido de este ácido graso en retina y cerebro. Lo anterior, se relaciona con un mayor desarrollo visual, neurológico y cognitivo generando cambios positivos en el comportamiento y crecimiento post-natal.

En relación a lo evidenciado en esta y otras investigaciones, la ganancia de peso de lechones durante el periodo de lactancia, parece estar asociada a una suplementación de cerdas con n-3 durante un tiempo más prolongado de gestación. Por otra parte, pareciera ser que el ácido graso DHA es más importante en este periodo.

No existió diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos en cuanto al peso promedio de lechones al nacimiento (día 0) y peso promedio al destete (día 28). Los pesos al nacimiento se encontraron dentro del promedio reportado por PIC (2009b), de  $1.45 \pm 0.37$  kg.

A nivel nacional, el promedio de días del destete de lechones es de 22.41 con un peso promedio de 6.65 kg (PIC, 2014). En nuestra investigación el peso promedio de los lechones calculado para 22 días es de 7.12, 6.56 y 6.55 kg para T0, T1 y T2 respectivamente, lo que indicaría que se obtuvieron parámetros cercanos a estándares nacionales. En el sector porcino lechones destetados con un peso de 6.35 kg o más, son considerados como cerdos pesados y presentan menor incidencia a enfermedades, menor tasa de mortalidad y mejor eficiencia de conversión de alimento post-destete (PIC, 2012).

La GPD para el periodo de lactancia fue 0.26 kg/día para cada tratamiento. Similares resultados han sido reportados por Vaclavkova *et al.* (2012) donde lechones con un peso al nacimiento entre 1.2 y 1.5 kg, presentaron una GPD pre-destete (día 0 - 28) de  $0.264 \pm 0.029$  kg/día.

La mortalidad neonatal no fue significativamente diferente entre tratamientos ( $P = 0.979$ ). En estudios anteriores se ha encontrado una disminución de la mortalidad neonatal (principalmente disminución de muertes por aplastamiento) atribuible a la suplementación de cerdas con ácidos grasos poliinsaturados, particularmente DHA (Rooke *et al.*, 2001b). Sin embargo, esos autores realizaron la suplementación durante todo el periodo de gestación y lactancia y utilizaron dosis superiores de EPA y DHA (5.17 g/d EPA + DHA

durante gestación y 18.07 g/d EPA + DHA durante lactancia considerando un consumo promedio de alimento 7 kg/d).

Para todos los tratamientos se observó una mortalidad cercana a 18%, lo que es considerablemente mayor que los parámetros nacionales (8,33%). Esto pudo deberse a que en la presente investigación no se realizó *cross-fostering*, manejo rutinario ampliamente usado para homogenizar camadas de acuerdo a número y peso de lechones. Este manejo evita la sobrecarga de cerdas (mayor número de cerdos lactantes que pezones funcionales) y disminuye la competencia entre lechones reduciendo así la mortalidad pre-destete. No se efectuó *cross-fostering* debido que los partos fueron espaciados por más de una semana. Realizar este manejo luego del primer día de nacido produce estrés en la madre y lechones, afectando negativamente su comportamiento, producción de leche de la cerda y ganancia de peso de lechones (Robert y Martineau, 2001).

#### *Composición del calostro y la leche*

La composición de la leche no se vio afectada por los tratamientos dietarios (Cuadro 6). Los contenidos de sólidos totales, proteína cruda, lactosa, materia grasa y cenizas no fueron diferentes entre tratamientos ( $P > 0.05$ ). Similares resultados han sido reportados por Leonard *et al.* (2010), quienes suplementaron cerdas con 63 g/día de EPA + DHA proveniente de aceite de pescado desde el día 109 de gestación hasta el fin del periodo de lactancia. Otras investigaciones han demostraron que la suplementación con EPA y DHA no produce cambios en la concentración de grasa en el calostro y la leche, pero si altera el perfil de ácidos grasos en la porción lipídica produciendo un aumento en la concentración de EPA y DHA en el calostro y la leche de cerdas suplementadas (Fritsche *et al.*, 1993; Rooke *et al.*, 2001b; Mateo *et al.*, 2009; Luo *et al.*, 2013).

En el presente estudio el contenido promedio de materia grasa en la leche durante la lactancia (sin considerar calostro) fue de 7.21, 7.77, 6.93% para T0, T1 y T2 respectivamente. Estas concentraciones de grasa son mayores a la obtenida por Klobasa *et al.* (1987) quienes determinaron un promedio de 6.45% de materia grasa en leche (día 7 a 28 de lactancia). La diferencia puede ser asociada a la suplementación de grasa ya

que, autores han demostrado que la adición de lípidos a dietas de cerdas lactantes incrementa el contenido de grasa y energía de la leche (Coffey *et al.*, 1982; Tilton *et al.*, 1999; Lauridsen y Danielsen, 2004). Sin embargo, otros investigadores que han alimentado a cerdas lactantes con contenidos de grasa y proteína en la dieta como las de esta investigación, han encontrado diferentes concentraciones de grasa en leche, determinando valores cercanos a los de este estudio (6,9%; Renaudeau y Noblet, 2001) o considerablemente más bajos (5.3%; Laws *et al.* 2009). Lo anterior indicaría que el contenido de grasa en la leche, además de estar asociado a la concentración de grasa en la dieta, podría estar relacionado a la fuente de suplementación y la digestibilidad de ésta. El aumento del contenido de grasa en calostro y leche es importante debido a que los lechones nacen con bajas reservas energéticas y el calostro es una importante fuente de energía que contribuye a la capacidad de termorregulación del lechón y así a su adaptación extrauterina (Herpin *et al.*, 2002). Además, al aumentar la concentración de grasa en la leche, la camada presenta una mayor ganancia de peso y logra un mayor peso al destete (Tilton *et al.* 1999).

**Cuadro 6.** Composición de calostro y leche de cerdas durante el periodo de lactancia (día 0 - 28).

Ítem	Tratamientos			Prom. <sup>1</sup>	EEM <sup>2</sup>	valor P	
	0	1	2				
<b>Sólidos Totales, %</b>							
Calostro		25.57	24.44	23.96	24.60	0.664	0.613
Leche día	7	19.05	19.19	18.15	18.80	0.381	0.509
	14	18.68	19.65	19.65	19.36	0.436	0.616
	21	18.67	19.28	17.76	18.78	0.299	0.238
	28	18.93	19.90	17.99	18.94	0.546	0.374
<b>Proteína Cruda, %</b>							
Calostro		14.96	15.65	14.62	15.04	0.596	0.779
Leche día	7	5.11	4.81	4.93	4.95	0.159	0.755
	14	5.11	4.91	4.94	4.98	0.157	0.854
	21	5.05	5.67	4.47	5.23	0.273	0.306
	28	5.15	5.39	5.24	5.27	0.101	0.660
<b>Lactosa, %</b>							
Calostro		ND <sup>3</sup>	ND <sup>3</sup>	ND <sup>3</sup>			
Leche día	7	4.70	4.70	4.67	4.69	0.118	0.992
	14	4.83	4.45	4.47	4.57	0.140	0.501
	21	4.98	4.65	5.65	4.98	0.144	0.120
	28	4.70	4.60	4.60	4.63	0.052	0.706

Materia Grasa, %							
Calostro		5.78	4.25	4.80	4.94	0.360	0.267
Leche día	7	6.73	7.25	6.23	6.68	0.300	0.473
	14	7.47	8.80	8.30	8.18	0.351	0.335
	21	7.35	7.82	7.00	7.50	0.247	0.473
	28	7.27	7.20	6.20	6.85	0.741	0.801
Cenizas, %							
Calostro		0.68	0.69	0.66	0.68	0.008	0.391
Leche día	7	0.77	0.77	0.82	0.78	0.015	0.383
	14	0.75	0.91	0.84	0.84	0.037	0.273
	21	0.81	0.76	0.80	0.78	0.018	0.502
	28	0.83	0.85	0.84	0.84	0.010	0.855

<sup>1</sup>Promedio entre tratamientos

<sup>2</sup>Error estándar de la media

<sup>3</sup>ND, No determinado de acuerdo al método de medición

En comparación a la leche, el calostro presentó una menor concentración de lactosa y grasa y alta concentración de proteína, lo que es consistente con estudios previos realizados por Klobasa *et al.* (1987). Independiente del tratamiento, se observó una disminución de proteína del día 0 al 7. Posteriormente, la concentración de ésta se mantiene relativamente estable. Lo anterior, se debe a que el calostro posee una gran cantidad de inmunoglobulinas, proteínas que proporcionan inmunidad pasiva al lechón durante los primeros días de vida antes de que su sistema inmune se encuentre completamente desarrollado (Rooke y Bland, 2002). Laws *et al.* (2009) observaron que cerdas suplementadas con aceite de pescado durante la gestación, presentan una mayor concentración de IgA en calostro. Por lo tanto, la suplementación con EPA y DHA podría mejorar la calidad inmune del calostro. Sin embargo, en el presente estudio la suplementación con estos ácidos grasos aparentemente no presentó efecto sobre la concentración de inmunoglobulinas, ya que las concentraciones de proteína cruda en calostro no fueron significativamente diferentes entre tratamientos ( $P > 0.05$ ).

#### *Mediciones en cerdos durante la recría*

Para el consumo de alimento promedio y GPD no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ( $P > 0.05$ ) (Cuadro 7). En una reciente publicación, Luo *et al.* (2013)

reportaron que al suplementar a cerdas con mayores dosis de EPA y DHA (7.41 g de EPA y 4.38 g de DHA por kg dieta) desde 10 días antes del parto hasta los 28 días de lactancia, los cerdos presentaron una mayor tasa de crecimiento durante el periodo de recría (día 35 - 70) que cerdos de madres sin suplementar. Sin embargo, los parámetros de producción y crecimiento de lechones fueron bastante más bajos a los de esta investigación, presentando un peso de lechones al destete de 22,14 kg, una GPD de 351 g, un consumo de alimento promedio de 656 g y una CA de 1.88. Por lo tanto, son necesarias futuras investigaciones que permitan verificar el efecto de la suplementación de cerdas con EPA y DHA cuando los parámetros productivos son más altos.

El mayor crecimiento de lechones al suplementar a sus madres con EPA y DHA ha sido asociado a que estos ácidos grasos generan una disminución de las citoquinas pro-inflamatorias en el músculo esquelético (Luo *et al.*, 2013). Estas proteínas provocan una disminución en el apetito lo que causa una reducción en la captación de aminoácidos e incrementan la degradación del músculo (Johnson, 1997).

Investigadores han demostrado que la suplementación de cerdas con 39 g/día de EPA y 24 g/día de DHA desde el día 109 de gestación hasta el destete (día 26) promueve la ganancia de peso diaria post-destete y disminuye la población cecal de *Escherichia coli* (*E. coli*) al día 9 post-destete (Leonard *et al.*, 2011). Similares resultados fueron obtenidos por Schellingerhout *et al.* (2002), quienes en cerdos destetados suplementados con aceite de pescado observaron una tendencia de menor colonización y excreción de *E. coli* e incrementaron el crecimiento post-destete. La disminución en la población intestinal de *E. coli* en cerdos destetados, se asocia a que la suplementación con EPA y DHA, produce un aumento de linfocitos fagocitos de *E.coli* (Leonard *et al.*, 2010) por lo que, la acción microbiana de estos ácidos grasos generan protección frente a uno de los factores principales que causa diarrea en cerdos destetados (Melin *et al.*, 2004). Además, Liu *et al.* (2012) quienes suplementaron directamente a cerdos destetados con EPA y DHA, señalan que estos ácidos grasos mejoran la integridad intestinal debido a que alivian la respuesta inflamatoria, por lo tanto el intestino se encuentra en mejores condiciones para actuar como barrera ante patógenos. Sin embargo, no encontraron una mayor ganancia de peso de lechones. Debido a que la respuesta inflamatoria con consecuente aumento a la susceptibilidad a patógenos se produce en el destete, la suplementación materna con EPA y DHA pudiese ser más efectiva para aumentar la concentración de estos ácidos

grasos en el lechón y su acción al momento del destete. Sin embargo, se requieren más investigaciones para determinar si lo anterior se traduce en una mayor ganancia de peso post-destete.

En este ensayo la conversión de alimento (CA) no fue significativamente diferente entre tratamientos ( $P > 0.05$ ). La primera semana de recría los cerdos presentaron el mayor valor de CA. Los cerdos recién destetados sufren un cambio brusco de alimentación lo que produce adaptaciones anatómicas y funcionales en su sistema gastrointestinal por lo que inicialmente no son capaces de asimilar en su totalidad el alimento consumido (Boundry *et al.*, 2004). Además, factores estresantes propios del destete generan una depresión en el consumo lo que se refleja en una menor conversión. La CA promedio durante el periodo de recría, 1.44, 1.45 y 1.43 para T0, T1 y T2 respectivamente, fue mejor en comparación a parámetros nacionales presentados por PIC (2014), donde el valor reportado es de 1.51. Sin embargo, es necesario tener en consideración que a nivel nacional la edad promedio de destete es de 22.89 días y en esta investigación fue de 28 días, por lo tanto los cerdos pueden haber estado fisiológicamente mejor adaptados al destete.

**Cuadro 7.** Efectos de la suplementación dietaria materna con EPA y DHA preformados desde el día 110 de gestación hasta el destete (día 28) sobre parámetros de crecimiento de cerdos en recría (día 29 – 70)

Ítem	Tratamientos			Prom. <sup>1</sup>	EEM <sup>2</sup>	valor P	
	0	1	2				
Peso promedio de cerdos, kg							
Día	28	9.60	9.57	9.48	9.55	0.222	0.979
	35	9.84	10.06	10.04	9.98	0.241	0.921
	42	12.77	12.27	12.24	12.41	0.296	0.732
	49	16.63	16.32	16.22	16.39	0.374	0.905
	56	21.64	20.72	20.77	21.02	0.445	0.662
	63	27.48	26.42	26.46	26.76	0.474	0.613
	70	33.81	32.25	32.68	32.86	0.492	0.439
GPD <sup>3</sup> , kg/d							
Semana	1	0.03	0.07	0.08	0.06	0.015	0.489
	2	0.42	0.32	0.31	0.35	0.020	0.108
	3	0.55	0.58	0.57	0.57	0.019	0.836
	4	0.71	0.63	0.65	0.66	0.018	0.170
	5	0.84	0.81	0.81	0.82	0.022	0.901
	6	0.90	0.83	0.89	0.87	0.019	0.313
	Promedio	0.58	0.54	0.55	0.56	0.009	0.251
Consumo de alimento promedio, k/d							
Semana	1	0.20	0.17	0.14	0.17	0.017	0.497
	2	0.46	0.39	0.43	0.42	0.016	0.287

	3	0.83	0.81	0.84	0.83	0.038	0.950
	4	1.06	1.07	0.07	1.07	0.028	0.966
	5	1.19	1.16	1.12	1.16	0.032	0.667
	6	1.24	1.12	1.11	1.15	0.027	0.463
	Promedio	0.83	0.78	0.79	0.80	0.014	0.413
ECA <sup>4</sup>							
Semana	1	0.24	0.43	0.60	0.42	0.101	0.410
	2	0.93	0.80	0.74	0.82	0.048	0.342
	3	0.67	0.72	0.69	0.69	0.024	0.690
	4	0.68	0.59	0.61	0.62	0.020	0.190
	5	0.70	0.71	0.73	0.71	0.022	0.871
	6	0.74	0.75	0.80	0.76	0.015	0.282
	Promedio	0.70	0.69	0.70	0.70	0.007	0.772
CA <sup>5</sup>							
Semana	1	--	4.27	3.29	3.50	3.350	0.361
	2	1.11	1.28	1.43	1.27	0.083	0.341
	3	1.51	1.41	1.48	1.46	0.052	0.691
	4	1.47	1.72	1.66	1.63	0.051	0.175
	5	1.44	1.43	1.38	1.41	0.043	0.859
	6	1.37	1.34	1.26	1.32	0.027	0.270
	Promedio	1.44	1.45	1.43	1.44	0.014	0.794

<sup>1</sup>Promedio entre tratamientos

<sup>2</sup>Error estándar de la media

<sup>3</sup>Ganacia de peso promedio diaria

<sup>4</sup>ECA, Eficiencia de conversión de alimento; kg Ganancia de peso: kg Consumo alimento

<sup>5</sup>CA, Conversión de alimento, kg Consumo alimento: kg Ganancia de peso

## Conclusiones

El consumo máximo durante la lactancia de EPA (6.16 g/d) y de DHA (4.11) utilizados en esta investigación, no alteró la composición del calostro y de la leche ni afectó la producción de leche. La suplementación dietaria de cerdas con las dosis indicadas tampoco afectó la ganancia de peso y la conversión de alimento en los lechones durante la lactancia y recría. Debido a lo anterior, las concentraciones utilizadas de EPA y DHA en las dietas de las cerdas y la duración del periodo de suplementación, pueden no haber sido suficientes para generar un traspaso de estos ácidos grasos a lechones través de la leche o la cantidad traspasada no fue la adecuada para producir un aumento del crecimiento de cerdos en lactancia y recría. En futuras investigaciones, además del contenido total de EPA y DHA en dietas de cerdas, es necesario considerar cambios en la relación de estos ácidos grasos acorde al periodo en el cuál se realice la suplementación, proporcionando mayores concentraciones de DHA (sobre EPA) al suplementar durante la

gestación, debido a su efecto sobre desarrollo neurológico y visual del feto. Por otra parte, en la suplementación durante la lactancia se debe proporcionar una mayor concentración de EPA (sobre DHA) para favorecer la respuesta inmune del lechón al destete. Estos cambios se podrían traducir en una mayor ganancia de peso pre y post-destete.

## Resumen

El estudio fue conducido para determinar el efecto de la suplementación de cerdas con ácidos grasos EPA y DHA sobre la composición láctea, rendimiento de leche y el crecimiento de lechones pre y post destete. Quince cerdas preñadas (7° parto) fueron asignadas a tres tratamientos dietarios desde el día 100 de gestación hasta el destete (día 28). Las cerdas pertenecientes al tratamiento control fueron alimentadas con una dieta basal (T0). Las cerdas suplementadas fueron alimentadas con la dieta basal más 20 g (T1) o 40 g (T2) de grasa en polvo rica en ácidos grasos EPA (2.7 %) y DHA (1.8%) por kg de dieta. Durante la gestación las cerdas fueron alimentadas con 3 kg de dieta experimental y *ad libitum* durante la lactancia. Luego del parto, las muestras de calostro fueron colectadas. Semanalmente, se colectaron las muestras de leche y se estimó el rendimiento de leche mediante el método *weigh-suckle-weigh*. El día del destete, ocho cerdos de peso  $9.55 \pm 0.732$  kg fueron seleccionados de cada camada para determinar el efecto que tiene la suplementación materna con EPA y DHA sobre el crecimiento de cerdos durante la recría. La composición de calostro y leche y rendimiento de leche fue similar entre tratamientos ( $P > 0.05$ ). No hubo diferencia ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos para en el peso de lechones y ganancia de peso diaria durante la lactancia. La suplementación materna pre-destete no generó un efecto ( $P > 0.05$ ) en el crecimiento de cerdos durante la recría. Probablemente, se requiere una mayor concentración de EPA y DHA en las dietas de cerdas y un aumento en el periodo de suplementación para evidenciar efectos sobre parámetros de crecimiento de lechones lactantes y cerdos en recría. En futuras investigaciones, además del contenido total de EPA y DHA, se deben considerar cambios de la relación entre estos ácidos grasos acorde al periodo de suplementación.

**Palabras clave:** suplementación de omega-3, ácido eicosapentaenoico, ácido docosahexaenoico, composición de leche de cerda, lechones.

## Referencias

- AOAC. 1984. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. 13a. Ed. Washington.
- Auldust, D.E., L. Morrish, P. Eason and R.H. King. 1998. The influence of litter size on milk production of sows. *Journal of Animal Science* 67:333-337.
- Auldust, D.E., D. Carlson, L. Morrish, C.M. Wakeford and R.H. King. 2000. The influence of suckling interval on milk production of sows. *Journal of Animal Science* 78:2026-2031.
- British Standards Institution. 1969. British Standards 696. I. Apparatus. London, British Standard House. 29 p.
- Boudry G., V. Péron, I. Le Huerou-Luron, J.P. Lallès and B. Sève. 2004. Weaning induces both transient and long-lasting modifications of absorptive, secretory, and barrier properties of piglet intestine. *Journal of Nutrition* 134:226-2262.
- Campbell, J.M., Crenshaw, J.D. and J. Polo. 2013. The biological stress of early weaned piglets. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 4:19.
- Covington, M.B. 2004. Omega-3 fatty acids. *American Family Physician* 70:133-140.
- Coffey, M. T., R. W. Seerley and J. W. Mabry. 1982. The effect of source of supplemental dietary energy on sow milk yield, milk composition and litter performance. *Journal of Animal Science* 55:1388-1394.
- Edwards, S.A. 2002. Perinatal mortality in the pig: environmental or physiological solutions? *Livestock Production Science* 78:3-12.
- Fritsche, K. L., S. C. Huang and N. A. Cassity. 1993. Enrichment of omega-3 fatty acids in suckling pigs by maternal dietary fish oil supplementation. *Journal of Animal Science* 71:1841-1847.
- Gill P. 2007. Managing reproduction — critical control points in exceeding 30 pigs per sow per year. *Proceedings of the London Swine Conference* 171-184.
- Herpin P., M. Damon and J. Le Dividich. 2002. Development of thermoregulation and neonatal survival in pigs. *Livestock Production Science* 78:25-45.
- Johnson, R. W. 1997. Inhibition of growth by pro-inflammatory cytokines: an integrated view. *Journal of Animal Science* 75:1244-1255.
- Kim, S. W., W .L. Hurley, I. K. Han and R.A. Easter. 1999. Changes in tissue composition associated with mammary gland growth during lactation in sows. *Journal of Animal Science* 77:2510-2516.

- Kim, S. W., R. D. Mateo, Y. L. Yin, and G. Wu. 2007. Functional amino acids and fatty acids for enhancing production performance of sows and piglets. *Journal of Animal Science* 20:295-306.
- Kelley, K.W. 1980. Stress and immune function: A bibliographic review. *Annals de Recherches Veterinaires* 11:445-478.
- Klobasa, F., E. Werhahn and J. E. Butler. 1987. Composition of sow milk during lactation. *Journal of Animal Science* 64:1458-1466.
- Koketsu, Y., G.D. Dial, J.E. Pettigrew, W. E. Marsh and V. L. King. 1996. Characterization of feed intake patterns during lactation in commercial swine herds. *Journal of Animal Science* 74:1202-1210.
- Laws, J., E. Amusquivar, A. Laws, E. Herrera, I.J. Lean, P.F. Dodds and L. Clarke. 2009. Supplementation of sow diets with oil during gestation: Sow body condition, milk yield and milk composition. *Journal of Life Science* 123:88-96.
- Leonard, S. G., T. Sweeney, B. Bahar, B. P. Lynch and J. V. O'Doherty. 2010. Effect of maternal fish oil and seaweed extract supplementation on colostrum and milk composition, humoral response, and performance of suckled piglets. *Journal of Animal Science* 88:2988-2997.
- Leonard, S. G., T. Sweeney, B. Bahar, B. P. Lynch and J. V. O'Doherty. 2011. Effect of dietary seaweed extracts and fish oil supplementation in sows on performance, intestinal microflora, intestinal morphology, volatile fatty acid concentrations and immune status of weaned pigs. *British Journal of Nutrition* 105:549-560.
- Lauridsen, C. and V. Danielsen. 2004. Lactational dietary fat levels and sources influence milk composition and performance of sows and their progeny. *Livestock Production Science* 91:95-105.
- Leskanish, C. O. and R. C. Noble. 1999. The comparative roles of polyunsaturated fatty acids in pig neonatal development. *British Journal of Nutrition* 81:87-106.
- Liu Y., F. Chen, J. Odle, X. Lin, S. Jacobi, H. Zhu, Z. Wu, and Y. Hou. 2012. Fish oil enhances intestinal integrity and inhibits TLR4 and NOD2 signaling pathways in weaned pigs after LPS challenge. *Journal of Nutrition* 142:2017-2024.
- Luo J., F. Huang, C. Xiao, Z. Fang, J. Peng and S. Jiang. 2013. Responses of Growth Performance and Proinflammatory Cytokines Expression to Fish Oil Supplementation in Lactation Sows' and/or Weaned Piglets' Diets. *Biomed Research International* vol. 2013, Article ID 905918, 9 pp.

- Melin, L., Mattsson, S., Katouli, M., and Wallgren, P. 2004. Development of Post-weaning Diarrhoea in Piglets. Relation to Presence of Escherichia coli Strains and Rotavirus. *Journal of Veterinary Medicine* 51:12-22.
- Mahan, D.C. and A.J. Lepine.1991. The effect of pig weaning weight and associated nursery feeding programs on subsequent performance to 105 kilograms body weight. *Journal Animal Science* 69:1370–1378.
- Noble, M. S., S. Rodriguez-Zas, J. B. Cook, G. T. Bleck, W. L. Hurley, and M. B. Wheeler. 2002. Lactational performance of first parity transgenic gilts expressing bovine alpha-lactalbumin in their milk. *Journal of Animal Science* 80:1090–1096.
- Noblet J. and M. Etienne. 1989. Estimation of sow milk nutrient output. *Journal of Animal Science* 67:3352-3359.
- Mateo R.D, J.A. Carroll, Y. Hyun, S. Smith and S.W. Kim. 2009. Effect of dietary supplementation of n-3 fatty acids and elevated concentrations of dietary protein on the performance of sows. *Journal of Animal Science* 97:948-959.
- Pettigrew J.E., A.F. Sower, S.G. Cornelius, R.L. Moser. 1985. A comparison of isotope dilution and weigh-suckle-weigh methods for estimating milk intake by pigs. *Canadian Journal of Animal Science* 64:989:992.
- PIC. 2009a. Manual manejo de destete a venta [online]. Disponible en: <http://www.pic.com/Images/Users/30/ManualDesteteEngorda2013Espanol.pdf>
- PIC. 2009b. Pig improver: Maximize weaned pig quality [online]. Disponible en: [http://www.pic.com/Images/Users/1/SalesPortal/Newsletters/PigImprover/PIC\\_pigimprover5\\_09.pdf](http://www.pic.com/Images/Users/1/SalesPortal/Newsletters/PigImprover/PIC_pigimprover5_09.pdf).
- PIC. 2012. Benchmark: Análisis de la industria porcina en Latinoamérica. Agosto. N° 10 [online]. Disponible en: <http://www.pic.com/Images/Users/30/BenchmarkLatamAgosto2012.pdf>.
- PIC. 2014. Benchmark: Análisis de la industria porcina en Latinoamérica. Febrero. N° 12 [online]. Disponible en: <http://www.pic.com/Images/Users/30/benchmarkfebrero14.pdf>.
- Renaudeau D. and J. Noblet. 2001. Effects of exposure to high ambient temperature and dietary protein level on sow milk production and performance of piglets. *Journal of Animal Science* 79:1540-1548.
- Robert and G. P. Martineau. 2001. Effects of repeated cross-fosterings on preweaning behavior and growth performance of piglets and on maternal behavior of sows. *Journal of Animal Science* 79:88-93.

- Rooke, J. A., Sinclair, A. G., & Ewen, M. (2001). Changes in piglet tissue composition at birth in response to increasing maternal intake of long-chain n-3 polyunsaturated fatty acids are non-linear. *British Journal of Nutrition* 86:461-470.
- Rooke, J. A., A.G. Sinclair and S.A. Edwards. 2001a. Feeding tuna oil to the sow at different times during pregnancy has different effects on piglet long.chain polyunsaturated fatty acid composition at birth and subsequent growth. *British Journal of Nutrition* 86:21-30.
- Rooke, J.A., A.G. Sinclair, S.A. Edwards, R. Cordoba, S. Pkiyach, P.C. Penny, P. Penny, A.M. Finch and G.W. Horgan. 2001b. The effect of feeding salmon oil to sows throughout pregnancy on pre-weaning mortality of piglets. *Journal of Animal Science* 73:489-500.
- Rooke, J.A. and I.M. Bland. 2002. The acquisition of passive immunity in the new born-piglet. *Livestock Production Science* 78:13-23.
- Sampels S., J. Pickova, A. Hogberg and M. Neil. 2011. Fatty acid transfer from sow to piglet differs from different polyunsaturated fatty acids (PUFA). *Physiological Research* 60:113-124.
- Schellingerhout, A. B. 2002. Essential-fatty acid supply of weaning piglets. PhD Thesis Utrecht University. ISBN 90-393-3245-0.
- Shurson G.C., M.G. Hognerg and N. DeFever. 1986. Effect of adding fat to the sow lactating diet on lactation and rebreeding performance. *Journal of Animal Science* 62:672-680.
- Simopoulos, A. P. 2008. The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. *Experimental Biology and Medicine* 233:674-688.
- Smits, J.R., B. G. Luxford, M. Mitchell and M. B. Nottle. 2011. Sow litter size is increased in the subsequent parity when lactating sows are fed diets containing n-3 fatty acids from fish oil. *Journal of Animal Science* 89:2731-2738.
- Speer, V. C. and D. F. Cox. 1984. Estimating milk yield of sows. *Journal of Animal Science* 59:1281-1285.
- Tilton, S.L., P.S. Miller, A.J. Lewis, D.E. Reese and P.M. Ermer. 1999. Addition of fat to the diets of lactating sows: I. Effects on milk production and composition and carcass composition of the litter at weaning. *Journal of Animal Science* 77:2491-2500.

- Uauy, R. and C. Castillo. 2003. Lipid requirements of infants: implications for nutrient composition of fortified complementary foods. *Journal of Nutrition* 133:2962S-2972S.
- Vaclavkova, E., P. Danekand, M. Rozkot. 2012. The influence of piglet birth weight on growth performance. *Research in Pig Breeding* 6.

**Anexo 2: Evaluación nutricional de una dieta para cerdos en etapa de crecimiento  
producida por atomización externa y cristalización en frío.**



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE  
FACULTAD DE AGRONOMÍA E INGENIERÍA FORESTAL  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ANIMALES

**“Evaluación nutricional de una dieta para cerdos  
en etapa de crecimiento con la adición de una  
grasa en polvo producida por atomización externa  
y cristalización en frío”.**

Residencia presentada como requisito para optar al título de

Ingeniero Agrónomo

por:

**Diego Kuppenheim.**

Profesor Guía:

Mónica Gandarillas H.

Fernando González M.

Profesor colaborador

Rui Fonseca S.

Septiembre, 2014.

## **Agradecimientos**

Al Centro de Investigación, Innovación Tecnológica y Capacitación para la Industria Porcina Nacional (CICAP), y a su Ex Directora Ejecutiva Virgina Astorga, por su ayuda y apoyo.

A la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), por su apoyo financiero para el proyecto PYT-2011-0057 parte importante de esta investigación.

A la empresa Agrícola AASA, por su apoyo técnico y colaboración con los animales para la experimentación.

A mi profesora guía, Mónica Gandarillas; por su dirección, supervisión y ayuda durante todo el proceso. A mi profesor informante Fernando González por su ayuda, dirección, supervisión, revisión y comentarios.

A los profesores que colaboraron con el proyecto y análisis Rui Fonseca Sa, Einar Vargas y Rafael Larraín.

A todo el Departamento de Ciencias Animales de la Pontificia Universidad Católica de Chile. A Juanita Clavijo y Jorge Manzor, por guiar y apoyar el trabajo en laboratorio.

A mi familia y amigos por su apoyo y motivación durante toda mi carrera.

## Resumen

El objetivo de este experimento fue determinar la digestibilidad de una grasa en polvo derivada de aceite de palma enriquecida con omega 3 en polvo (GP) en cerdos en crecimiento.

Se utilizaron cuatro cerdos en etapa de crecimiento (recria- engorda) ( $40 \pm 2$  kg), alojados en jaulas metabólicas y alimentados con una de cuatro dietas experimentales asignadas a cada uno de los cerdos al azar una dieta TControl suplementada con 1% de aceite de soya y tres dietas suplementadas con el 5% de diferentes fuentes de grasas – Tsoya (5% aceite de soya); TPalma+ (5% aceite de palma hidrogenado con adición de ácidos grasos omega 3 y lecitina de soya); TPerlado (5% de grasa comercial Nutracor PS 58L), cada una de las dietas fue entregada a cada cerdo en periodos de tiempo consecutivos.

Se observó que la dieta TPalma+ presentó una digestibilidad lipídica mayor que la dieta T perlada no siendo significativamente distinta de las demás dietas propinadas. Los resultados de digestibilidad mostraron diferencias significativamente ( $P < 0,05$ ) entre los tratamientos ya que el extracto etéreo de la grasa en polvo obtuvo la misma digestibilidad que el aceite de soya (85,42%), en cambio la grasa Nutracor PS 58L obtuvo valores muy inferiores (68,53%). Por otro parte, en relación a la energía bruta la dieta control fue la que presentó los valores más altos (85,34%) de digestibilidad, al igual que respecto a la materia seca (85,29%) pero estos resultados no fueron estadísticamente diferentes a la grasa en polvo derivada del aceite de Palma.

Los valores de digestibilidad entregados por la grasa Palma son similares a los que se obtuvo con el aceite de soya, pero superiores a los de grasa Nutracor PS 58L ( $P < 0,05$ ).

## **I. Introducción**

Mejorar la eficiencia de conversión alimenticia en la producción de cerdos cada día adquiere mayor importancia debido al alto costo que representa la dieta dentro de los costos totales de producción.

Un análisis reciente de precios realizado por la empresa Pig Improvement Company (PIC, 2014) estimó que el costo de la alimentación en el año 2013 fue de 72%. Adicionalmente, los ingredientes de las dietas más utilizados, en la producción de cerdos (maíz y soya) compiten con la demanda de alimentos para el hombre y con producción industrial (Saintilan *et al.*, 2013; Shirali *et al.*, 2013). En los últimos años el precio del maíz ha aumentado considerablemente (de US\$ 231 en el año 2010 a US\$ 293 dólares la tonelada en el año 2013) esta situación se agravó el año 2011, porque el precio del maíz aumento significativamente (\$327 dólares la tonelada) debido al déficit que se observó a nivel mundial. Por estas razones, se hace urgente la necesidad de buscar alternativas más económicas como fuente de energía para los animales (Son *et al.*, 2012).

Diversos autores han reportado aumentos en la ganancia de peso diaria, mejora en la eficiencia de conversión alimenticia y en la eficiencia de utilización de la energía en

animales que han recibido suplementación con distintas fuentes grasa como alternativas a los hidratos de carbono (De la Llata, 2001; Xing *et al.*, 2004; Ball, 2010,).

Además, por el alto contenido de ácidos grasos saturados otorga el aceite de palma una mejor aceptación por parte de los cerdos (Solà-Oriol *et al.*, 2011).

Se propuso también utilizar la tecnología de secado por pulverización (Gonzalez y Gandarillas 2010) para la elaboración de grasa en polvo, de manera de obtener grasa en partículas de dimensiones menores que las dimensiones comerciales, en forma de perlitas de grasa -ej: Nutracorr PS 58L, ya que ha sido reportado que partículas de menor tamaño mejoran la digestibilidad de los nutrientes. Esta situación se explica debido a una mayor superficie de exposición de la grasa a las enzimas digestivas (lipasas) (Liu *et al.*, 2012). La utilización de ingredientes altamente digestibles resultan en una disminución de la producción de purines, mejorar la tasa de crecimiento específica y la eficiencia alimenticia en cerdos (Xing *et al.*, 2004). Representando de este modo un gran potencial de utilización de estos compuestos en la industria porcina.

Mejorar la eficiencia alimenticia en la producción ganadera cada día adquiere mayor importancia debido al alto costo de los alimentos (que representan entre un 50-75% del costo de kilogramo de producto), el impacto medio ambiental que genera esta actividad y la competencia por alimentos entre los humanos, los animales y los biocombustibles (Saintilan *et al.*, 2013; Shirali *et al.*, 2013).

Frente a esto se propone suplementar a cerdos en entapa de crecimiento (recria-engorda) con dietas suplementadas con una mezcla de aceite de palma, aceites de pescado y lecitina de soya, pulverizada y convertida en polvo, ya que esta es una fuente de energía más rentable en el aporte energético que el maíz o el aceite de soya.

Por lo tanto, el objetivo general de esta investigación fue determinar la digestibilidad de los nutrientes y materia seca (MS), energía bruta, proteína cruda (PC) y extracto etéreo (EE) de dietas de cerdos en recría- engorda suplementadas con grasas en polvo producidas por atomización externa y cristalización en frío en dietas, en comparación a dietas suplementadas con otros aceites tradicionalmente utilizados comercialmente.

## **II. Revisión bibliográfica**

### ***Escenario mundial y nacional de la carne de cerdo***

Se prevé que para el año 2030 habrá más de ocho mil millones de personas en el mundo. La producción de alimentos de origen animal representa un 12,9% de la ingesta mundial de calorías y un 27,9% del consumo mundial de proteínas; además, el consumo de carne en los últimos 20 años aumentó a una tasa de 5,5 por ciento anual (FAO, 2014).

Por lo surge la necesidad inminente de aumentar la producción de alimentos ya sean tanto de origen animal como vegetal para poder suplir la demanda creciente (FAO, 2014). En el año 2013, la producción mundial de carne alcanzó los 256 millones de toneladas, de los cuales un 42% correspondió a carne de cerdo. En cuanto al mercado nacional la carne de cerdo, representó un 38% del total de carnes vendidas en el año 2013. Adicionalmente, en Chile el consumo de carnes de cerdo posee el segundo lugar de carnes consumidas, representando el 25% del total (Asprocer, 2014).

### ***Parámetros productivos***

Según datos proporcionados por la empresa PIC (2014), en Chile las cerdas producen en promedio 28,76 lechones destetados por hembra al año lo que equivale a la producción de 3.179,9 kilos de carne de al año.

Los cerdos en la última etapa de producción, correspondientes a la crianza y engorda, presentan una conversión alimenticia de 2,71 kg y una ganancia de peso diaria de 0,867 kg/día. A pesar que los promedios obtenidos son superiores a los promedios reportados para Latinoamérica, es posible la necesidad de mejorar estos parámetros (PIC, 2014).

### ***Metabolismo de los lípidos***

Los lípidos utilizados en alimentación animal y específicamente en monogástricos, pueden ser clasificados en cuatro agrupaciones según origen:

- Grasas animales: entre las más usadas está la manteca, el sebo y el aceite de aves.
- Aceites de pescado: principalmente de anchoveta y arenque.
- Aceites vegetales: tal como soya, palma, maravilla y coco.
- Mezclas: La Oleína es un subproducto proveniente de la refinación de aceites de soya, girasol, palma, mínimamente del maíz y muy ocasionalmente porcentajes minoritarios de ácidos grasos de oliva, canola y/ o maní y aceites marinos. Es líquida a temperatura ambiente, de color oscuro y con fuerte olor.

En general, la digestibilidad de las grasas y aceites aumenta al aumentar el número de insaturaciones de la cadena de carbonos de los ácidos grasos presentes en los triacilglicéridos (TAG) y disminuye con el largo de la cadena. Es por esto que las grasas de origen animal, como el sebo y la manteca son menos digestibles en comparación con los aceites vegetales (De Rodas, 1995; Udomprasert y Rukkwamsuk, 2006). Dentro de los aceites vegetales, el aceite de soya y el aceite de palma son los con mayor volumen de producción y mejor digestibilidad, por lo que son utilizados como suplemento energético en la alimentación animal (Departamento de Agricultura de Estados Unidos 2007-08).

La digestibilidad de las grasas y aceites depende también de otros factores propios del animal como la edad, el nivel de inclusión en la dieta, y el método de que se agregación de la grasa (pelletizada, microencapsulado, secado por pulverización y mezclado con de emulsionantes). Los animales adultos poseen una mayor capacidad de digestión de las grasas y aceites en comparación con los animales más jóvenes. Asimismo, un menor tamaño de partícula (Liu *et al.*, 2012) que se consigue gracias a la técnica del atomización y cristalización en frío la adición de emulsionantes mejora la digestibilidad de algunas grasas. Estas características también afecta la utilización de nitrógeno y la absorción de aminoácidos (NRC, 2012).

El proceso de digestión y absorción de las grasas consta de cuatro etapas:

1. La emulsificación por la acción del colesterol que realizan las sales biliares producidas en el hígado y almacenadas en la vesícula biliar que se liberan lumen intestinal en presencia de lípidos en el alimento,
2. La hidrólisis que se produce en los enlaces covalentes de los TAG gracias a la acción de las lipasas pancreáticas (las cuales son sintetizadas en el páncreas y liberadas en el duodeno), dejando como producto digliceridos, monogliceridos y ácidos grasos libres.
3. La formación de micelas mixtas que migran hacia el enterocito por vía linfática y por último
4. La absorción de monoacilglicéridos, ácidos grasos libres, colesterol, vitaminas liposolubles y fosfolípidos (Brody, 1999)

Se ha visto que una de las mayores limitantes en los cerdos es la producción de sales biliares, lo que conlleva a que en organismos más jóvenes exista una menor cantidad de este emulsionante y la absorción esa menor (Croes, 2014).

Una ineficiente emulsificación puede resultar en la disminución de la eficiencia de acción las enzimas producidas en el páncreas, sean menos eficientes y disminuya la eficiencia de acción. La secreción de sales biliares está influenciada por el nivel y tipo de grasa contenida en la dieta. Por lo que el proceso de digestión lipídica es condicionado en su primera etapa por el contenido de la dieta y como medida de precaución para esta problemática existen emulsionantes comerciales exógenos que son comúnmente usados para mejorar la utilización y digestibilidad de algunas grasas utilizadas en dietas de cerdos asociadas a situaciones de mala digestibilidad. Entre estos emulsionantes están la lecitina de soya, la lisolectina y otros agentes sintéticos emulsionante (Croes, 2014).

Los resultados reportados sobre la adición de emulsionantes en la dieta son escasos e inconsistentes; sin embargo, la fuente y calidad de las grasas puede jugar un rol importante en su utilización por los animales (Udomprasert y Rukkwamsuk, 2006).

### ***Estrategias de alimentación: Uso de grasas y emulsionantes***

Los pilares fundamentales en la producción de cerdos son la genética, la alimentación, el manejo y la sanidad. El uso de fuentes alternativas y mejoradas de grasa, más la adición de emulsionantes, producidas con la tecnología *atomización y cristalización en frío* se propone como estrategia para mejorar la utilización de la energía, aumentando la digestibilidad de grasa, ganancia de peso diaria y la conversión alimenticia.

La energía de los alimentos ricos en almidón (principalmente maíz, trigo, cebada y avena) representa aproximadamente el 60-75% de un kilogramo de la dieta. Sin embargo, en los últimos años, el precio del maíz y cereales en general ha ido en considerable aumento, por lo que se hace urgente la necesidad de buscar alternativas más económicas como fuente de energía para los animales (Son *et al.*, 2012). Si bien el contenido de grasas y aceites en la dieta es menos representativo, aportan 2,25 veces más energía que los carbohidratos, por lo que utilizar estos ingredientes en la manera adecuada, puede optimizar la utilización de la energía por parte del animal (Mc Donald *et al.*, 2002; NRC, 2012).

Varios autores han conseguido aumentos en la ganancia de peso diaria, cuando se suplementa con grasa las dietas de los animales al existir una mayor eficiencia de utilización de energía y del alimento (De la Llata, 2001; Xing *et al.*, 2004; Ball, 2010).

Según National Research Council (Nutrient requirements of swine (NRC, 2012)), el nivel máximo de suplementación con grasa en una dieta para cerdos en la etapa de crianza puede alcanzar a un 6%, ya que un mayor aumento en los niveles de inclusión puede provocar algunos trastornos digestivos, al no existir la capacidad de poder aprovecharlos.

Sin embargo este nivel máximo de inclusión podría aumentarse con el método *atomización y cristalización en frío* debido a que se obtiene un menor tamaño de partícula lo cual mejora la digestibilidad (Liu *et al.*, 2012).

### **III. Materiales y Métodos**

El estudio se desarrolló en el Centro de Investigación, Innovación Tecnológica y Capacitación para la Industria Porcina Nacional (CICAP), ubicado en la Fundación AgroUC, Pirque, Región Metropolitana, Chile.

### *Animales*

Se utilizaron ocho cerdos machos castrados adquiridos en un plantel comercial de genética PIC ([Large White x Landrace] x White Duroc). El peso inicial promedio de los cerdos era  $40 \pm 2$  kg y al final del experimento alcanzaron un peso promedio de  $70 \pm 2$  kg en 37 días que corresponden a la etapa experimental.

Una vez adquiridos e ingresados al predio del CICAP, los animales fueron descargados y llevados a un galpón de engorda y en donde fueron mantenidos por cuatro días con alimentación y agua de bebida *ad libitum* en corrales colectivos de piso de cemento de medidas  $2,5 \times 2$  m<sup>2</sup>. El alimento utilizado fue aportado por la empresa que vendió los cerdos, cumpliendo con los requerimientos nutricionales del NRC (2012).

Al quinto día, los animales fueron trasladados a un galpón de experimentación de pruebas de metabolismo, donde se ubicaron individualmente en jaulas metabólicas de  $1,6 \times 0,7$  m<sup>2</sup>, durante 37 días. Cada jaula estaba equipada con un comedero seco y un bebedero individual y su diseño permite coleccionar las heces y orina por separado.

El galpón en donde se encontraban los cerdos y posteriormente las jaulas para el ensayo estaba equipado con un mecanismo climatizador automático FANCOM F17, CLIMATE CONTROLLER, el cual controla tanto la ventilación y la temperatura del galpón. La temperatura se mantuvo en un rango estable,  $19 \pm 3$  grados Celsius. Se utilizó calefacción adicional para mantener la temperatura en el rango confort ( $20 \pm 3$ °C) de los animales.

### ***Tratamientos***

Los tratamientos consistieron en cuatro dietas distintas. La variación en los tratamientos fue la fuente de grasa y su nivel de inclusión. Los tratamientos se denominaron TControl, TSoya, TPalma+ y TPerlada y las dietas fueron isoenergéticas, isofibrosas e isonitrógenadas, variando solamente en el tipo de grasa y en su porcentaje de incorporación. Todas las dietas se formularon para satisfacer los requerimientos nutricionales establecidos por el NRC (2012). Como ingrediente energético se utilizó grano de maíz, como principal fuente de proteína se utilizó afrecho de soya y además se incorporaron aminoácidos sintéticos lisina, valina, metionina, treonina y triptófano para satisfacer necesidades nutricionales de la especie. El TControl consistió en un dieta (cuadro 1) con 1% de adición de aceite comercial (99% aceite de soya, 1% aceite de palma, para fuera sea isoenergetica a los otros tratamientos); TSoya consistió en la misma dieta TControl y con 5% de incorporación del mismo aceite comercial mencionado anteriormente; TPalma+ consistió en la misma dieta que TControl y con 5% de incorporación de grasa cristalizada en polvo (80% aceite de palma, 15% de aceite de pesacado omega 3 y 5% de lecitina de soya) y TPerlado consistió en la misma dieta que el TControl y con 5% de grasa granulada comercial (aceite de palma hidrogenado + 3% de lecitina de soya).

Las dietas fueron formuladas, usando los requerimientos nutricionales del NRC (2012) y del el programa EvaPig (versión 1.3.1.7) y elaborado en las dependencias de la empresa Lowerquim S.

**Cuadro 1.** Composición de las dietas (tratamientos) TControl, TSOYA, TUC y Tperlado de crecimiento y su contenido nutricional.

Ingredientes (% de la dieta)	Tratamientos <sup>1</sup>			
	TControl	TSoy	TPalma+	TPerlado
Maíz	68,2	56,3	56,3	56,3
Afrechillo de soya	25,1	25,1	25,1	25,1
Afrecho de trigo	0,0	8,0	8,0	8,0
Aceite de soya	1,0	5,0	-	-
Grasa perlada	-	-	-	5,0
Grasa palma+	-	-	5,0	-
Suplementos aminoacidicos	1,05	1,05	1,05	1,05
Suplemento mineral para porcinos	3,1	3,1	3,1	3,1
Premix de vitaminas y minerales	1,5	1,5	1,5	1,5
Antioxidante	0,02	0,02	0,02	0,02
<b>Análisis químico (%MS)</b>				
Materia seca	86,6	87,1	87,5	86,9
Proteína cruda	17,0	16,6	15,4	16,0
Fibra cruda	2,7	3,6	4,2	4,1
Extracto etéreo	4,5	9,2	8,8	9,4
Cenizas	7,4	7,0	7,3	6,7
Energía bruta en Megacalorias	4,40	4,23	4,15	4,42

<sup>1</sup> Base tal como ofrecido.

### *Elaboración de grasa en polvo (Grasa Palma)*

Se determinó la digestibilidad de dietas conteniendo grasa de aceite de palma y enriquecida con Omega 3 en polvo, producida por atomización externa y cristalización en frío entre 25000 y 30000 rpm (Gonzalez, 2009 y Proyecto FIA)

La grasa en polvo palma fue elaborada en la Unidad Metabólica de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Se preparó utilizando aceite de palma importada de Malasia en dos presentaciones distintas (hidrogenada, de textura mantecosa y en escamas de textura sólida), aceite de pescado con una concentración del omega 3 de 30% (18%EPA y12%DHA) y lecitina de soya como emulsionante, para mejorar la utilización de energía y la digestibilidad de las grasas.

La grasa contenía 69% de aceite de palma hidrogenado en forma de escamas, 9,9% de aceite de palma parcialmente hidrogenado en forma de pasta, 14,8% de aceite de pescado (Omega 3 18/12), 4,9% de lecitina de soya y al producto obtenido fue una grasa cristalizada con aspecto de polvo fino, a la cual se le agregó 15 gramos de un absorbente de agua por kilogramo de grasa obtenida, para evitar que ésta se humedezca los que corresponden al 1,5% del total.

Los ingredientes fueron mezclados en las proporciones correspondientes y fundidos a 90°C, en estado líquido se procedió a verter la mezcla en un atomizador

(Compact Gas N° 28036, APV Anhydro SA), donde se obtuvo el producto final (una grasa cristalizada en polvo).

### ***Ensayo de digestibilidad***

La duración del ensayo de digestibilidad aparente tuvo una duración de 32 días y se inició después de cinco días de adaptación de los animales a las jaulas metabólicas, siendo alimentados en este periodo con una dieta balanceada de acuerdo a los requerimientos establecidos por el NRC (2012). En las cuatro dietas experimentales fueron suministradas a cada animal durante ocho días, en cuatro periodos consecutivos. En los primeros cuatro días de cada periodo no se recolectaron las heces ni orina y solo se midió el consumo; a partir del quinto día se midió el consumo y recolectaron heces y orina de cada animal, los que fueron congelados una alícuota del 20% en recipientes individuales.

Durante la fase de recolección, la oferta de alimento a los animales fue restringida al 85% del consumo promedio registrado en los cuatro primeros días de adaptación en cada periodo, para así asegurar un 100% de consumo de la dieta experimental (tratamiento) asignada. Como marcador del inicio y el fin de la etapa de recolección en cada período, se agregó 2 gramos de óxido férrico (Sigma-Aldrich, Alemania) en los 100 gramos de alimento que se entregó a los animales en la primera comida de la mañana del último día de adaptación (para que el consumo del óxido ferroso sea del 100%). Una vez consumida la mezcla de alimento con óxido férrico, se entregó la restante cantidad de alimento calculado para la ración de la mañana. Las muestras se comenzaron a recolectarse una vez que se observó en las heces la presencia del marcador en su

composición (ya que las heces se tiñen de color rojo). Este procedimiento se hizo de acuerdo a lo descrito por Adeola, (2001).

Los cerdos fueron alimentados dos veces al día a las 09:30 h y a las 16:30 h y recibieron agua de bebida *ad libitum*. El consumo de cada animal se registró diariamente mediante diferencia de peso entre el alimento entregado y el remanente en el comedero al principio del día siguiente.

En cada periodo cada una de las cuatro dietas fue distribuida al azar a los distintos animales, siendo este procedimiento repetido en los cuatro periodos experimentales consecutivos. De esta forma en cada periodo cada animal recibió una de las cuatro dietas distintas sin repetir la misma dieta en el animal. En el cuadro 4 se ilustra el sorteo al azar de los 4 tratamientos para cada período experimental. El sorteo de las dietas para la etapa se realizó en los 5 días de adaptación de los cerdos a las jaulas metabólicas.

Luego, el ensayo fue replicado exactamente igual, con cuatro nuevos cerdos para lograr así un total de ocho repeticiones por tratamiento.

**Cuadro 2.** Sorteo aleatorio de los tratamientos para cada cerdo en cada período experimental

	Cerdo 1 y 5	Cerdo 2 y 6	Cerdo 3 y 7	Cerdo 4 y 8
Período 1	TPalma+	TControl	TPerlado	TSoya
Período 2	TPerlado	TPalma+	TSoya	TControl

Período 3	TSoya	TPerlado	TControl	TPalma+
Período 4	TControl	TSoya	TPalma+	TPerlado

*\*Tratamiento Control= dieta con grasa control 1% aceite de soya; \*\*Tratamiento Soya= dieta con grasa de Soya 5% de aceite de soya; \*\*\*Tratamiento Palma+= dieta con 5% de grasa TPalma+; \*\*\*\*Tratamiento Perlado= dieta con 5% de grasa Nutracor PS58L*

### **Recolección de muestras**

Los últimos 4 días de cada período se realizó diariamente la recolección de heces y orina durante la mañana, antes de alimentar los animales. Las heces se pesaron en una balanza PPC-200W, Accu-Weigh, Yamato, luego se calculó una alícuota del 20% del total de heces y se guardó en bolsas plásticas. Las muestras se rotularon con un número identificatorio (tratamiento, período y fecha) y posteriormente se congelaron a – 20°C. Al finalizar el período, las muestras restantes homogenizadas y secadas a 60°C, durante 48 horas en una estufa y posteriormente, molidas usando un mortero y tamizadas por una criba de 1 mm antes de proceder a su análisis químico proximal y energía bruta.

La orina dietaría fue recolectada en bidones plásticos de 5 litros con la adición de 40 cc H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 6N para evitar la volatilización del nitrógeno. Se congelaba una alícuota del 10% de la orina total diaria esta se juntaba los cuatro días de recolección para su posterior análisis de proteína cruda.

### **Análisis de muestras**

Los análisis químicos a las muestras de alimento y heces recolectadas, se realizaron en el Laboratorio de Nutrición Animal, para determinar la materia seca (MS), energía bruta (EB), proteína cruda (PC), fibra cruda (FC), extracto etéreo (EE) y cenizas de acuerdo a las metodologías descritas en AOAC (1984). La energía bruta contenida en las dietas y en las fecas fue medida con una bomba calorimétrica (PARR, 1341).

#### **Cálculo de los coeficientes de digestibilidad:**

Los coeficientes de digestibilidad para cada nutriente se determinaron calculando el porcentaje de cada nutriente contenido en las heces y en las dietas según la fórmula descrita por Schneider y Flatt, (1975):

$$\text{Coeficiente de digestibilidad (CD)\%} = \left[ \frac{\mathbf{N\ consumido} - \mathbf{N\ heces}}{\mathbf{N\ consumido}} \right] \times 100$$

Donde **N consumido**: representa la cantidad de nutriente consumido y **N heces**: representa la cantidad de nutriente excretado en las heces (base materia seca).

#### **Análisis estadístico**

El efecto de la fuente de grasa en los distintos parámetros de digestibilidad analizados, fue calculado mediante un análisis de varianza de acuerdo un diseño de Cuadrado Latino replicado, con 4 tratamientos, 4 períodos y 4 cerdos distintos en cada cuadrado (ocho cerdos en el total del experimento), mediante el procedimiento GLM de SAS. Se utilizó el siguiente modelo lineal para el análisis de los datos de cada Cuadrado Latino:

$$\mathbf{Y_{ijk}} = \mathbf{u} + \mathbf{T_i} + \mathbf{P_j} + \mathbf{A_k} + \mathbf{E_{ijk}}$$

donde:  $Y_{ijk}$  Variable dependiente;  $\mathbf{U}$  : Media,  $\mathbf{T}_i$ : Efecto fijo del  $i$ -ésimo tratamiento ( $i = 1, 2, 3, 4$ ),  $\mathbf{P}_j$  : Efecto fijo del  $j$ -ésimo período ( $j = 1, 2, 3, 4$ ),  $\mathbf{A}_k$ :Efecto fijo del  $i$ -ésimo cerdo ( $i= 1,2,3,4$ ),  $\mathbf{E}_{ijk}$ : Error residual.

#### **IV. Resultados**

Las condiciones en que se realizaron los dos etapas fueron similares, lo que se ve reflejado en la ganancia de peso de los cerdos (la ganancia de peso al finalizar el estudio fue de aproximadamente de 32 kilogramos por cerdo).

Los valores promedios de la composición química de las heces en los tratamientos no mostraron diferencias significativas en MS, PC y FC ( $P > 0,05$ ). En contraste, si hubo diferencias para EE, EB y ceniza ( $P \leq 0,05$ ) (cuadro 5). El contenido de EE, presentó diferencias significativas entre tratamientos ( $P = 0,0021$ ) siendo el mayor valor observado en las heces de los TPerlado (13,8%MS), sin que fuera distinto de TSoja; los valores de TControl (8,8%MS) y TPalma (5,9%MS) fueron iguales entre sí y menores a TPerlado. La energía bruta de las heces a su vez, también presentaron diferencias significativas entre tratamientos ( $P = 0,0092$ ), siendo el mayor valor observado para el TPerlado (5,0 MegCal), el que además es significativamente mayor que el TControl. En contraste no hubo diferencia entre TSoja y TPalma+. El contenido de cenizas varió en los distintos grupos experimentales, siendo el menor valor promedio observado en el grupo T control. ( $P = 0,0015$ ). El TControl (23,04%MS) fue mayor a los otros tratamientos, los que no difieren entre sí.

Al analizar los resultados de la digestibilidad de los nutrientes (cuadro 6), no hubo diferencias en la digestibilidad de la PC (entre 82,26 y 76,04%MS), la FC (entre 58,00 y

43,01%MS) y la ceniza (entre 52,67 y 40,80%MS) ( $P > 0,05$ ). En contraste, se observaron diferencias para los valores de MS, EB y EE ( $P \leq 0,05$ ). La digestibilidad aparente de la MS fue significativamente menor en TPerlado; sin embargo, No hubo diferencia entre TControl, TSoya y TPalma+. El valor de digestibilidad aparente del EE presentó diferencias significativas ( $P = 0,0052$ ) entre tratamientos (cuadro 6); los mayores coeficientes de digestibilidad fueron obtenidos en el TPalma+ (87,53%MS) y TSOYA (85,4%MS), los que no fueron distintos entre sí. El contenido de EB entregó resultados estadísticamente distintos ( $P = 0,0071$ ), siendo en TControl el que entregó el valor más alto (85,34%). Los tratamientos TSoya y TPalma+ fueron estadísticamente iguales entre si y a TControl, pero TPerlado presentó el valor más bajo (75,39%), siendo estadísticamente igual a TSoya y a TPalma+ pero distinto a TControl.

**Cuadro 3.** Contenido de materia seca (%), energía bruta, proteína cruda, fibra cruda extracto etéreo, y ceniza, en las heces de cerdos en crecimiento con distintas fuentes de grasa y distintos niveles de inclusión.

	TControl	TSoya	TPalma+	TPerlado	SEM	Valor P
Materia seca	34,7	35,7	31,3	34,7	2,8	0,7437
Energía Bruta Megcal	4,4 <sup>b</sup>	4,6 <sup>ab</sup>	4,6 <sup>ab</sup>	5,0 <sup>a</sup>	122,0	0,0092
Proteína cruda	20,2	17,9	17,9	17,9	1,0	0,1182
Extracto etéreo	8,8 <sup>b</sup>	9,2 <sup>ab</sup>	5,9 <sup>b</sup>	13,8 <sup>a</sup>	1,7	0,0021

Fibra Cruda	8,5	9,9	9,4	10,4	0,5	0,0643
Ceniza	23,1 <sup>a</sup>	19,5 <sup>b</sup>	19,7 <sup>b</sup>	18,2 <sup>b</sup>	1,1	0,0015

**TControl:** dieta basal más 1% de aceite de soya. **TSOYA:** dieta basal más 5% de aceite de soya. **TPalma+:** dieta basal más 5% de grasa UC. **TPerlado:** dieta basal más 5% de grasa Nutracorp P58S.

**Cuadro 4.** Digestibilidad Aparente de la materia seca (%), energía bruta, proteína cruda, fibra cruda extracto etéreo, y ceniza, con distintas fuentes de grasa y niveles de inclusión.

	TControl	TSoya	TPalma+	TPerlado	SEM	Valor P
Materia seca	85,3 <sup>a</sup>	82,7 <sup>ab</sup>	81,6 <sup>ab</sup>	78,3 <sup>b</sup>	1,7	0,0154
Energía	85,3 <sup>a</sup>	81,3 <sup>ab</sup>	79,5 <sup>ab</sup>	75,4 <sup>b</sup>	2,1	0,0071
Proteína cruda	82,3	81,1	78,5	76,1	1,9	0,3375
Extracto etéreo	75,5 <sup>ab</sup>	85,4 <sup>a</sup>	87,5 <sup>a</sup>	68,5 <sup>b</sup>	3,9	0,0052
Fibra Cruda	54,4 <sup>ab</sup>	52,2 <sup>ab</sup>	58,0 <sup>a</sup>	43,0 <sup>b</sup>	5,6	0,0573
Ceniza	52,7	51,4	49,7	40,8	4,8	0,2047

**TControl:** dieta basal más 1% de aceite de soya. **TSOYA:** dieta basal más 5% de aceite de soya. **TPalma+:** dieta basal más 5% de grasa UC. **TPerlado:** dieta basal más 5% de grasa Nutracorp P58S.

## V. Discusión

El consumo promedio de alimento en el periodo experimental fue similar entre los grupos de tratamientos, salvo el TControl que su consumo fue menor.

Aparentemente los cerdos en TControl se encontraban en buen estado, por lo que el menor consumo no tiene explicación valedera, considerando que el alimento se restringió al 85% de la dieta consumida en el periodo de adaptación. Una posible causa estaría relacionada con la menor palatabilidad de TControl, pero es poco probable que esto sea el factor la constante de la disminución del consumo. Posiblemente la adición de grasa en los otros tratamientos pudo haber mejorado la palatabilidad y el consumo de los otros tres tratamientos.

En relación a las heces lo más notorio es que la mayor excreción de EE y la energía, se produjo en el TPerlado y fue diferente del contenido de los otros tratamientos a excepción de TSoja. Esta mayor excreción de EE y EB reflejó en una menor digestibilidad de la grasa pero no fue significativamente diferente del TControl.

Es posible que en TPerlado se haya producido una alta tasa de pasaje del EE, no es así TPalma+ que presentó la menor concentración de grasa en las heces, pero la energía fue similar a la de TPerlado. TControl obtuvo una digestibilidad de EE menor que

TSoya y Palma, pero mayor que TPerlado, a pesar del menor consumo de EE igual a la mitad del resto de los tratamientos el pero se debió ver una mayor digestibilidad ya que el consumo de EE en TControl fue la mitad del resto de los tratamientos.

No obstante al analizar la digestibilidad de la energía en TControl, es mayor al resto de los tratamientos a pesar de la menor digestibilidad del EE que TSoya y TPalma+, pero estos los 3 fueron estadísticamente iguales. TControl al tener menor cantidad de EE en la dieta, debería tener una mayor digestibilidad, aunque TControl absorba menos cantidad de grasa que los otros tres tratamientos, ya que la dieta poseía menor concentración de EE en relación a los otros tratamientos, así como los estudios realizados por Li y Sauer, (1994) que variaciones entre el 3,2% y el 12,2% de en grasas la dieta, la digestibilidad no varía. La excepción observada para la dieta TPerlado hace suponer que posiblemente la calidad de la grasa utilizada no sería la mejor para alimentar cerdos en etapa de recria/engorda, porque: el tamaño de partícula y la mayor concentración de lecitina. Esta mala digestibilidad puede deberse a varios factores de los cuales mencionamos tres: 1) la calidad de la grasa, 2) el tamaño de la partícula resultado del proceso de fabricación, 3) el porcentaje de inclusión de emulsionante en la dieta. La dieta Palma+, constituida mayoritariamente por aceite de palma presentó en general valores de digestibilidad más altos que la dieta TPerlada, siendo la mayor diferencia observada en la digestibilidad de la grasa y de la fibra.

En relación a la digestibilidad aparente de la MS el TPerlado tuvo la menor digestibilidad con respecto a los otros tratamientos, sin reflejar diferencias significativas.

En términos de la digestibilidad en EE TPerlado, llama la atención la menor digestibilidad con relación a TPalma a un mismo consumo a pesar del mismo origen, además que con relación a TPalma+, éstos dos provienen de un mismo origen y ambos

productos poseen la misma estructura química (triglicéridos), de manera que la menor digestibilidad de TPerlado podría deberse a la granulometría de este producto, ya que el tamaño de partícula de TPalma+ es de aproximadamente de cuatro micras (por disco rotativo a 25000 y 30000 rpm) y el de TPerlados de 100 a 300 micras, como lo menciona Liu *et al.*, 2012 que el tamaño de partícula de las grasa influye en la digestibilidad de esta. El punto de fusión de los TPalma+ y TPerlado son muy similares (entre 55 y 60°C), lo que demuestra y corrobora sus estructuras químicas y porcentaje de hidrogenación.

El aumento de la incorporación de grasa en dietas ser acompañadas de la utilización de emulsificante para permitir una eficiente absorción de esta grasa. El presente trabajo demostró que en dietas similares en cuanto a la fuente de grasa y cantidad (TPalma+ y TPerlada) la cantidad de emulsificante utilizado puede haber condicionado la digestibilidad, porque la dieta TPalma+ presentó valores promedio de digestibilidad de alimento y nutrientes más altos que los de la dieta TPerlada. No obstante, debemos mencionar que en la elaboración de la dieta compuesta por 5% de aceite de soya (TSoya) no se utilizó emulsionante y no se observaron diferencias de digestibilidad de la grasa o energética, comparativamente a la dieta control ya la Tpalma+, lo que significa que para este tipo de grasa no será imprescindible la adición del emulsionante utilizado en la dieta Tpalma+ o Tperlado, ya que el aceite de soya posee una estructura química distinta con cadena de triglicéridos más corta lo que la hace más digestible para el animal, además que es una aceite extra refinado para consumo humano, lo que aumenta su digestibilidad al ser más puro.

Estos resultados concuerdan con los que obtuvo Heugten y Odele (2000), los que estudiaron que la adición del 5 % de grasa (distintas grasa: sebo, oleína y aceites vegetales) con la suplementación de lisolecitina, como emulsionante mejoró la digestibilidad de la dieta. La incorporación de lecitina de soya aumenta la digestibilidad de

las grasas en comparación a tratamientos en ausencia del emulsionante (Jones *et al.*, 1992). TPalma+ al incorporar un mayor contenido de lecitina (5%) que la grasa perlada (3%) esta diferencia podría influir en la distinta digestibilidad de las grasas. De acuerdo a Li y Sauer (1994), la mayor concentración de grasa en dietas no disminuye la digestibilidad de éstas en un rango del cinco % que se ofreció.

Ademas el TPalma+ contiene una mayor de lecitina de soya (5%), la cual habría tenido un mayor efecto emulsionante (Soares y Lopez-Bote, 2001; Croes, 2014) en comparación al 3% de emulsionante presente en el TPerlado, lo que aumenta la digestibilidad de la grasa.

TSoya fue similar a TPalma y mayor que TPerlado digestibilidad EE, esto estaría asociado a que se trata de un aceite refinado de consumo humano, por lo que sus ácidos grasos poseen un mejor procesamiento y refinación, pero el TPalma+ presentó valores de digestibilidad estadísticamente iguales TSoya. Por otra parte la Grasa Palma posee lecitina de soya la cual aumenta la digestibilidad por lo que por esta razón es que sus valores son similares a los del aceite de soya (Croes, 2014).

En relación a la proteína los coeficientes de la dieta fueron similares ya que la fuente de esta fue la misma y no se vio afectado por la adicción de grasa; sin embargo, se observó una baja proveniente de la proteína con el aumento paulatino en los tratamientos siendo mayor en Tcontrol, TSoya, TPlama y TPerlado disminución progresiva. Lo que demuestra una tendencia a la baja y puede estar relacionado con los niveles de digestibilidad del EE mostrado anteriormente.

Estos resultados no permiten establecer claramente el factor directamente involucrado en la mejor digestibilidad de la dieta TPalma+ y posiblemente hizo un efecto

combinado de las variables anteriormente mencionadas habrá contribuido para la mejor performance digestiva observada en los animales alimentados con la dieta TPalma+.

## **VI. Conclusión**

La utilización de una grasa en polvo aceite de palma, elaborada mediante el proceso de secado por atomización externa y cristalización en frío, presentó, se obtuvieron los mayores resultados de digestibilidad de todos los tratamientos en estudio, por lo que se comporta mejor que grasas comerciales con similar composición química, eso se debe a que la grasa de palma posee un tamaño de partícula menor y una mayor concentración de emulsiónate. Además fueron estadísticamente iguales que los resultados del tratamiento en base a aceite de soya de consumo humano (ambos en 5% de la dieta).

De esta forma, el uso de la grasa elaborada por atomización externa y cristalización en frío, traería ventajas en la digestibilidad, por sobre las otras dietas estudiadas. A mayor digestibilidad de TPalma+ esto se debe ver reflejado en una mayor ganancia de peso diaria de los cerdos.

## Referencias Bibliográficas

- AOAC. 1984 Official Methods of Analysis Association of Official Analytical Chemists 13<sup>a</sup>. Ed. Washington.
- Asprocer, 2014. Análisis sectorial 2013, sector porcino. Asociación Gremial de Productores de Cerdos de Chile. < <http://www.asprocer.cl>> Revisada 28 Julio, 2014.
- Ball M. E. E., Magowan E., Beattie V. E., McCracken K. J., Henry W., Smyth S., Bradford R., Gordon F. J. y Mayne C. S., 2010. The effect of dietary energy source on performance and nutrient digestibility in growing pigs. Journal of Animal and Feed Sciences, 19: 408-417.
- Brody T. 1999. Nutritional Biochemistry. 2nd ed. San Diego, California.
- Croes E. 2014. The art of growing. Seminario 60th Anniversary Nukamel, Puerto Varas, Chile.
- D B Jones, J D Hancock, D L Harmon and C E Walker. 1992. Effects of exogenous emulsifiers and fat sources on nutrient digestibility, serum lipids, and growth performance in weanling pigs. Journal of Animal Science 70: 3473-3482
- De la Llata M., Dritz S. S., Tokach M. D., Goodband R. D., Nelssen J. L. y Loughin T. M. 2001. Effects of dietary fat on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs reared in a commercial environment. Journal of Animal Science 79: 2643-2650.
- De Rodas B. Z., Maxwell C. V. y Brock K. S. 1995. Exogenous emulsifiers in early weaned pig diets. Journal of Animal Science 73: 176.
- Departamento de Agricultura de Estados Unidos el consumo mundial en el año 2007/08 de aceites vegetales.

- Dolz S. 1996. Utilización de grasas y subproductos lipídicos en monogástricos. Madrid, XII Curso de especialización FEDNA
- FAO, 2014. Ganadería mundial 2011, La ganadería en la seguridad alimentaria. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <<http://www.fao.org>> Revisada 28 Julio, 2014.
- Gonzalez F. y Gandarillas M. 2010. Proyecto Fundación para la Innovación Agraria (FIA) PYT-2011-0057.
- Heugten van E., Odle J. (2000): evaluation of lysolecithin as an emulsifier for weanling piglets. 1998-2000 department report, department anim.sci., ans report. No. 248
- Li y Sauer W C, 1994. The effect of dietary fat content on amino acid digestibility in young pigs. Journal of Animal Science, 72:1737-1743.
- Liu P., Souza L. W. O., Baidoo S. K. y Shurson G. C., 2012. Impact of distillers dried grains with soluble particle size on nutrient digestibility, DE and ME content and flowability in diets for growing pigs. Journal of Animal Science, 90: 4925- 4932.
- Mc Donald P., Edwards R. A., Greenhalgh J. F. D y Morgan C. A. 2002. Animal Nutrition. 6th Edition. Pearson Education Limited.
- NRC. 2012. Nutrient requirements of swine. 11th ed. Washington D.C: Comitee on Nutrient Requirements of swine, board on Agriculture and Natural Resources, Division on Earth and Life Studies.
- PIC, 2014. Análisis de la Industria Porcina en Latinoamérica. Pig Improvement Company. <<http://www.pic.com>> Revisada 28 Julio, 2014.
- Saintilan R., Mérour I., Brossard L., Tribout T., Dourmad J. Y., Sellier P., Bidanel J., van Milgen J. y Gilbert H., 2013. Genetics of residual feed intake in growing pigs:

Relationships with production traits, and nitrogen and phosphorus excretion traits. *Journal of Animal Science*, 91: 2542- 2554.

- Schneider B. H. y Flatt W. P. 1975. The evaluation of feeds through digestibility experiments. University of Georgia Press.
- S. dolz, 1996. Utilizacion de grasas y subproductos lipídicos en monogastricos.
- Shirali M., Duthie C., Doeschl-Wilson A., Knap P., Kanis E., van Arendonk J. y Roehe R., 2013. Novel insight into the genomic architecture of feed and nitrogen efficiency measured by residual energy intake and nitrogen excretion in growing pigs. *BMC Genetics* 14: 121.
- Solà- Oriol D., Roura E. y Torrallardona D., 2011. Feed preference in pigs: Effect of selected protein, fat and fiber sources at different inclusion rates. *Journal of Animal Science*, 89: 3219- 3227.
- Son A. R., Ji S. Y. y Kim B. G., 2012. Digestible and metabolizable energy concentrations in copra meal, palm kernel meal, and cassava root fed to growing pigs. *Journal of Animal Science*, 90: 140-142.
- Tanghe S. y De Smith S., 2013. Does sow reproduction and piglet performance benefit from the addition of n-3 polyunsaturated fatty acids to the maternal diet? *The Veterinary Journal*, 192. 560-569
- Tanghe S., Missotten J., Raes K., Vangeyte J. y De Smet S. 2014. Diverse effects of linseed oil and fish oil in diets for sow reproductive performance and pre-weaning growth of piglets. *Livestock Science*, 164. 109-118
- Udomprasert P. y Rukkwamsuk T. 2006. Effect of an exogenous emulsifier on growth performance in weanling pigs. *Kasetsart Journal of Natural Science* 40: 652-656.

- Xing J. J, van Heugten E., Li D. F., Touchette K. J., Coalson J. A., Odgaard R. L. y Odle J., 2004. Effects of emulsification, fat encapsulation, and pelleting on weanling pigs performance and nutrient digestibility. *Journal of Animal Science*, 82: 2601-2609.

**Anexo 3: Efecto de la adición de una grasa en polvo en la dieta de cerdos en el período de recría sobre los parámetros de crecimiento**

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE  
FACULTAD DE AGRONOMIA E INGENIERIA FORESTAL  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ANIMALES

**Efecto de la adición de una grasa en polvo en la dieta de cerdos en el periodo de recría sobre los parámetros de crecimiento**

**Jorge Salgado Rodríguez**

Comité de Tesis  
Profesores Guía:  
Mónica Gandarillas H.  
Fernando González M.  
Rafael Larraín P.

Agosto, 2014  
Santiago-Chile

## Introducción

Chile debe aprovechar las fortalezas que posee para ampliar su mercado en lo que a carne de cerdo se refiere, una de las más importantes es la condición zoonosanitaria que posee, otra es la rebaja arancelaria concedida por los principales mercados importadores de carne, tales como los países miembros de la Unión Europea, México, Estados Unidos y Japón, gracias a los Tratados de Libre Comercio y a los acuerdos de complementación económica suscritos.

Estas fortalezas, sumadas al aumento tanto en el consumo interno, como en las exportaciones, ha significado un aumento sostenido en la producción a nivel nacional, y presentado una variedad de oportunidades para innovar, mejorar y perfeccionar la producción porcina.

Con respecto a la producción porcina local, Chile continúa siendo un importante proveedor mundial de carne de cerdo (sexto lugar en el ranking internacional), donde los envíos han crecido a un promedio anual de 12,4% en los últimos 3 años en cantidad y un 11,1% en valor, concordante con la estrategia exportadora de alimentos de Chile.(Benchmark,2014)

Cabe señalar que Chile es un exportador neto de carne de cerdo, desde hace ya 3 años que se mantiene exportando más del 40% de lo producido, alcanzando el 2013 al 49%. En este período los envíos totalizaron los MUS\$ 489.785.

El principal país de destino en valor (36%) continúa siendo Japón, seguido por Corea del Sur, Rusia y China, los envíos para éste se han duplicado en el último año, representando el 11% del total exportado.(Benchmark, 2014)

La existencia de una alta competencia con otros sistemas productivos por insumos energéticos y proteicos, hace urgente buscar fuentes alternativas de energía que permitan disminuir costos y mejorar los índices tanto productivos como económicos en el sector porcino. Es por esto que las grasas constituyen una alternativa para lograr estos propósitos.

Para ello, las grasas deben transformarse a polvo, mediante deshidratación en torres de secado por aspersión y calor. En Chile, este proceso presenta limitaciones por el alto costo operacional, escasa disponibilidad de torres de secado y una alta ocupación por la industria láctea para el secado de leche y de suero de leche.

La información disponible en la literatura actual con respecto a la respuesta de los cerdos recién destetados frente a los cambios en la densidad energética de las dietas no es concluyente, puesto que los cerdos recién destetados deben enfrentar diferentes niveles de estrés, tanto nutricionales como fisiológicos, ambientales y sociales, todos estos simultáneamente. (Pluske, 1995). Esto trae como consecuencia que el periodo de destete sea asociado a problemas como bajo consumo de alimento, baja tasa de crecimiento,

aumento de incidencia de diarreas, y alta incidencia de vicios conductuales (Gatnau,1999).

Aumentar el contenido de grasa en las dietas beneficia el gasto en alimentación, debido a que la grasa es una fuente de energía, que da la posibilidad de aumentar la densidad energética de la dieta. Sin embargo el uso de dietas para cerdos altas en grasa es evitado por el miedo al aumentar la depositación de grasa en la carcasa. (Overland et al. 1999) lo que disminuiría la calidad de la canal, ya que sería menos magra.

La capacidad física del intestino se supone que es la principal limitación para el crecimiento en el cerdo recién destetado, porque limita la alimentación diaria, y por lo tanto, la ingesta diaria de energía. (Whittemore, 1998). Es por esto que los lechones utilizan extraordinariamente bien los nutrientes de la leche materna para su desarrollo (Noblet et al., 1987), particularmente las grasas cuya digestibilidad es elevada, alrededor del 98% (Pluske et al., 1995), y suministran el 50 al 60% de la energía ingerida por los lechones en lactancia (Aumatrie, 1987).

La adición de grasas en las dietas post-destete es recomendada para aumentar la cantidad de energía ingerida por los lechones recién destetados, y así compensar la disminución en el consumo de alimento típica de esta etapa, esto es posible ya que el recién destetado posee las condiciones fisiológicas para digerir estos lípidos.(Cera et al., 1989).

Algunas publicaciones destacan que el aumento de grasa en la dieta afecta las propiedades físicas del alimento y puede cambiar la gustosidad de la dieta, aumentando la palatabilidad. En el presente experimento, las partículas de los aceites vegetales debido a su secado por aspersión, son emulsificadas en pequeñas gotas, lo que probablemente mejora su proceso de digestión y absorción. (Reis de Souza, 1997). Tecnologías de procesamiento tal como secado por pulverización o encapsulación de grasa por proteínas de la leche pueden cambiar la estructura física de las grasas animales y aceites vegetales y pueden facilitar la digestión y la absorción por el cerdo destete. (Xing et al., 2004)

Ante esta oportunidad se realizó un ensayo en el Centro de Investigación, Innovación Tecnológica y Capacitación para la Industria Porcina (CICAP), ubicado en la Estación Experimental de la Pontificia Universidad Católica, en Pirque, Región Metropolitana, con el propósito de medir el efecto de la suplementación con grasas en polvo producidas por atomización externa y cristalización en frío sobre los parámetros de crecimiento de cerdos durante el periodo de recría.

## **Materiales y Métodos**

El protocolo experimental fue aprobado por el comité de Bioética de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Esta investigación forma parte de un proyecto de la Fundación para la Investigación Agraria (FIA, PYT-2011-0057 CICAP 09-CN14-5793) y fue realizada entre los meses de diciembre del año 2013 a junio del 2014 en el Centro de Investigación, Innovación Tecnológica y Capacitación para la Industria Porcina Nacional (CICAP), ubicado en la Estación Experimental de la Fundación Agro-UC en Pirque, Región Metropolitana, Santiago, Chile.

Los 2 experimentos se llevaron a cabo en el galpón de recría del CICAP desde el primer día de destete (día 21 de edad) hasta el término de la recría (día 70 de edad).

Para el análisis de los datos se determinó la ganancia de peso (kg/día), el consumo de alimento diario (kg/día) y la eficiencia de conversión alimenticia semana a semana y para el período total de recría porcina.

- **Experimento N°1**

### *Animales y alojamiento*

Se adquirieron 75 lechones de  $21 \pm 1$  día de edad, (45 machos castrados y 30 hembras) híbridos PIC con un peso promedio de  $7,23 \pm 1,13$  kilos (rango desde 4,97 a 9,49), los que fueron aleatoriamente designados a 15 corrales de 5 animales cada uno, mediante un diseño de bloques al azar, con el propósito de evaluar el efecto de 2 tipos de grasa, una de origen vegetal y otra de origen marino, sobre los parámetros de crecimientos en cerdos durante el periodo de recría.

Durante los 49 días, los animales fueron mantenidos en el galpón con temperatura y ventilación controladas automáticamente para asegurar satisfacer los requerimientos ambientales de los animales, tal como se indica en la literatura especializada y de acuerdo a las recomendaciones de la empresa Agrícola AASA Ltda. La regulación de temperatura ambiental y la ventilación se lograron por medio de lámparas de luz infrarroja sobre los corrales y dos extractores y paneles tipo húmedo. Los corrales se ubican en altura, acondicionados con piso tipo slatt de plástico ranurado y poseen un comedero tipo seco-húmedo (Rotechna ®) adaptado solo a alimentación en seco. Adicionalmente los corrales poseen un bebedero tipo chupete que provee de agua fresca y potable a los animales. Los animales fueron alimentados diariamente ad libitum.

### *Diseño experimental y tratamientos*

Se conformaron 3 tratamientos dietarios. Cada tratamiento tuvo 5 repeticiones (un corral por repetición). Los tratamientos fueron designados como T1, T2 y T3. El tratamiento 1 (T1 Control) correspondió a un tratamiento control que consistió en entregar la dieta base utilizada por un plantel porcino de la Región Metropolitana para la etapa de desarrollo; T2 (Palma) que correspondió a T1 + 2% de grasa en polvo en base a aceite de palma y un T3 (Pescado) que correspondió a la dieta control más un 2% de grasa elaborada en base a aceite de pescado, en los 2 tratamientos el 2% de grasa fue agregado en base a la materia seca (MS). Las grasas en polvo utilizadas en T2 y T3 fueron elaboradas con un 80% de grasa Zamrog (SPES®), 5% de lecitina de soya (emulsificante) y el 15% restante (elemento de variación) fue la adición de un 15% de aceite de palma y pescado para T2 (Palma) y T3 (Pescado), respectivamente.

### *Producción de grasas en Polvo*

Las grasas fueron producidas en el Secador Spray Niro, adaptado al secado en frío por atomización externa y posterior cristalización. Para la producción de grasas, la mezcla de aceites y grasas fue llevada a una temperatura de 96° C, para luego ser atomizadas y convertidas en polvo por el Secador Spray Niro. La mezcla de las grasas con la dieta fue realizada en un trompo mezclador de acuerdo al protocolo de mezclado tradicionalmente usado en los ensayos de esta naturaleza.

### *Alimentación*

Se determinó la ganancia de peso diario (GPD) a través del pesaje semanal de cada animal que correspondieron a los días 28, 35, 42, 49, 56, 63 y 70 de vida de éstos. Se determinaron las ganancias de peso como la diferencia entre el peso inicial y final, dividido por el número de días. El consumo de alimento diario (CAD) se determinó como la suma de adiciones diarias de alimento al comedero menos el residuo extraído al momento en que se realizó la determinación. Así, el CAD se calculó como la sumatoria anterior dividido por el número de cerdos que consumen en el comedero y por el número de días. La conversión alimenticia (CA) diaria se determinó como el cociente entre el CAD y el GPD. Estos parámetros fueron medidos siguiendo los estándares de medición de los artículos científicos publicados en el Journal of Animal Science.

### *Diseño experimental*

Los animales fueron bloqueados al azar por peso y sexo. De este modo, cada corral tuvo 3 machos y 2 hembras de pesos similares.

Se realizó revisión y aseo diario por parte del operario del CICAP, el que a su vez fue apoyado técnicamente por dos estudiantes de pregrado de la carrera de Agronomía de la Universidad Católica. Durante el período experimental, se removió un cerdo enfermo que

presentó síntomas fuertes de decaimiento e inanición al día 63 de vida, por lo que se eliminó por completo del ensayo.

### *Análisis estadístico*

El efecto de la suplementación en los distintos parámetros fue analizado en una ANOVA para diseño completamente al azar. Los datos se procesaron en SAS (Statistical Analysis Software) como muestras repetidas en el tiempo, mediante un modelo lineal general (GLM) y las diferencias entre medias fueron analizadas por el test de Tukey.

- **Experimento N°2**

Se adquirieron 75 lechones de  $21 \pm 1$  día de edad (45 machos castrados y 30 hembras) híbridos PIC de peso promedio inicial de  $6,46 \pm 1,17$  kilos (rango desde 4,22 a 8,7), los que fueron aleatoriamente designados a 15 corrales de 5 animales cada uno, mediante un diseño de bloques al azar, con el propósito de evaluar el efecto de aumentar la concentración de grasa en la dieta en un 50% y un 100% sobre el contenido de extracto etéreo en base a materia seca de la dieta basal, sobre los parámetros de crecimientos en cerdos durante el periodo de recría.

Se conformaron 3 tratamientos dietarios. Cada tratamiento tuvo 5 repeticiones (un corral por repetición). Los tratamientos fueron designados como T1, T2 y T3. El tratamiento 1 (T1 Control) correspondió a un tratamiento control que consistió en entregar la dieta base utilizada por un plantel porcino de la Región Metropolitana para la etapa de desarrollo; T2 (+50%) correspondió a T1 + 50% del contenido de extracto etéreo de la dieta basal, adicionando grasa en polvo y T3 correspondió a la dieta control más un 100% en el contenido de extracto etéreo, adicionando la misma grasa en polvo que en T2. La grasa en polvo utilizada en T2 y T3 fue una mezcla de 70% de grasa Zamrog (SPES®), 10% de aceite de Palma, 5% de lecitina de soya (emulsificante) y 15% de aceite de pescado.

La grasa de origen animal contiene una mayor proporción de ácidos grasos saturados, como el palmítico (C16:0) y el ácido esteárico (C18:0), que la grasa de origen vegetal. Overland et al; (1993). comprobaron que no hay diferencias al agregar lecitina de soya como un emulsificante en las dietas de cerdos recién destetados, siempre y cuando las grasas de inclusión sean de origen vegetal; sin embargo, para asegurar un mejor

aprovechamiento de las grasas, en nuestro experimento igualmente se adiciono lecitina de soya.

**Tabla 1.** Experimento N° 2 Muestreo de las dietas analizadas en laboratorio.

	H <sub>2</sub> O	Materia seca	Cenizas		Fibra cruda		Extracto etéreo		Proteína cruda	
			M.S.	M.V.	M.S.	M.V.	M.S.	M.V.	M.S.	M.V.
T1										
Fase 1	8.14	91.86	6.41	5.89	2.67	2.45	6.27	5.76	23.60	21.68
Fase 2	9.39	90.61	6.25	5.66	3.30	2.99	6.48	5.87	20.01	18.13
Fase 3	10.50	89.50	6.59	5.90	4.48	4.01	6.02	5.39	19.27	17.25
Fase 4	11.84	88.16	5.76	5.08	6.03	5.32	5.91	5.21	20.44	18.02
T2										
Fase 1	8.27	91.73	6.21	5.70	3.76	3.45	8.54	7.83	22.70	20.82
Fase 2	9.06	90.94	5.99	5.45	4.20	3.82	9.00	8.19	18.34	16.68
Fase 3	10.27	89.73	6.14	5.51	5.16	4.63	10.54	9.46	16.43	14.74
Fase 4	11.43	88.57	5.51	4.88	3.92	3.47	8.74	7.74	19.51	17.28
T3										
Fase 1	7.95	92.05	6.06	5.58	5.74	5.28	9.47	8.72	22.37	20.59
Fase 2	8.89	91.11	5.86	5.34	6.17	5.62	10.84	9.88	18.14	16.53
Fase 3	9.71	90.29	6.32	5.71	7.37	6.65	11.01	9.94	17.95	16.21
Fase 4	11.21	88.79	5.44	4.83	4.04	3.59	9.34	8.29	19.51	17.32

M.S.: Resultado expresado en base 100% materia seca.

M.V.: Resultado expresado en base materia verde o tal cual como ofrecido.

Todo lo restante fue manejado de igual forma que en el Experimento N°1.

En la tabla 1 estan los resultados de los análisis de laboratorio para la composición química de las dietas, es importante notar las diferencias en el contenido de extracto etéreo (E.E) de los tres tratamientos, la poca variabilidad del E.E entre T2 y T3, podría explicar la falta de diferencias significativas para los parámetros de crecimiento en ambos tratamientos.

·Los 2 experimentos se llevaron a cabo en el galpón de recría del CICAP desde el primer día de destete (día 21 de edad) hasta el término de la recría (día 70 de edad).

Para el análisis de los datos se determinó la ganancia de peso (kg/día), el consumo de alimento diario (kg/día) y la eficiencia de conversión alimenticia semana a semana y para el período total de recría porcina.

## **Resultados y Discusión**

### ***Experimento 1.***

#### *Consumo de alimento y ganancia de peso*

El periodo experimental comenzó cuando los cerdos tenían 28 ( $\pm 1$ ) días de vida la primera semana fue considerada de adaptación. Cabe señalar que debido a problemas de salud no relacionados con las dietas de tratamiento se eliminaron los datos de 5 cerdos del corral N° 7, perteneciente al tratamiento control.

Durante el periodo de crecimiento, semana 1-6, las dietas con la adición de grasa no resultaron ser diferentes significativamente ( $P > 0.05$ ) entre ellas y respecto a la dieta control, en relación a los parámetros de crecimiento ganancia de peso (GDP), consumo de alimento diario (CAD) y eficiencia de consumo de alimento (ECA) se pueden apreciar en la tabla N°2.

En esta tabla se presenta el resumen de los datos promedio que fueron medidos durante el periodo 28-70 días, se observa que no existe diferencia en cualquiera de los aspectos medidos, lo que concuerda con lo reportado por otros autores (Li et al., 1990; Cera et al., 1989), quienes no encontraron efecto en la adición de grasa en la dieta.

Los resultados no demostraron una variación en el consumo de alimento, aumento en la ganancia de peso o en la eficiencia de consumo de alimento durante los primeros 14 días post-destete, ante cualquiera que fuera la fuente de grasa en la dieta, al igual que Mahan et al., (1991) que no obtuvieron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) a lo largo de todo el periodo de recría.

En la tabla N°4 (ver anexo) se aprecia una diferencia significativa en la GDP ( $P < .0001$ ) durante la semana 4, entre los 3 tratamientos, donde el T3 presentó una mayor GDP que T2, y T1. El consumo de alimento solo presentó diferencias significativas ( $P < .0107$ ) en la semana 3, existiendo diferencias entre T3 y T2, entre T3 y T1, pero no entre T1 y T2. Como podemos ver en la figura 1, en base al comportamiento de las curvas la tendencia

nos diría que la diferencia significativa que se muestra es una particularidad, y no es relevante desde el punto de vista productivo, las líneas van casi paralelas, sucede lo mismo para las figuras de CDA y de ECA, por lo que no habría implicancia en el resultado final.

Con respecto a la CA, también se encontraron diferencias ( $P < .0001$ ) durante la semana 4, siendo el T3 (CA= 2.00), cuya grasa proviene de aceite de pescado, la más eficiente, a diferencia de la dieta control, que presentó la más baja eficiencia (CA=1.39).

Aunque los aceites vegetales tienen digestibilidades mayores que las grasas animales durante las primeras semanas post-destete, las diferencias entre ellos disminuye con el tiempo. (Cera et al., 1989). En el presente experimento no se observaron dichas diferencias entre el aceite de pescado y el aceite de palma, esto debido probablemente a la baja inclusión de ellos en el porcentaje total de la grasa.

Podría esperarse una respuesta superior en la dieta suplementada con aceite de palma, atribuido a su cadena de ácidos grasos de menor longitud, que tendría una mayor tasa de absorción en el torrente sanguíneo en comparación con las grasas animales, que se absorben más rápidamente en el sistema linfático (Mahan, 1991).

Datos obtenidos del Benchmark (febrero 2014) indican que la ganancia de peso diaria promedio en recría es de 0.459 kg/día, la conversión alimenticia es de 1.55, y el peso al final del periodo es de 28.14 kg promedio.

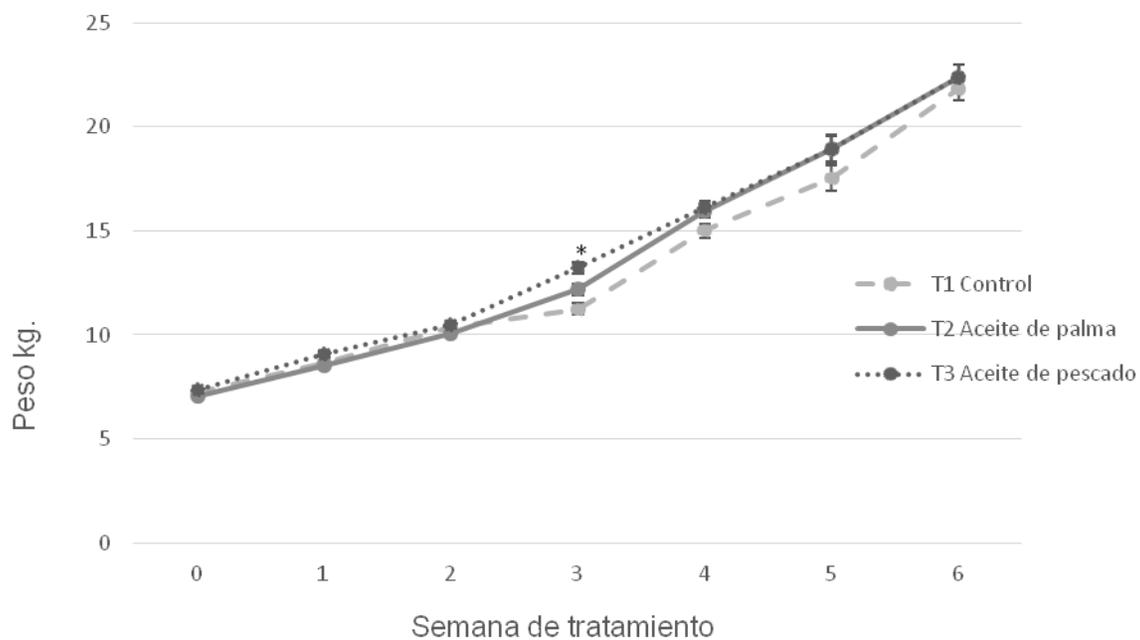
El consumo de alimento diario promedio fue de 0.711 g/día, estos datos incluyen a sistemas Top de producción, si bien nuestros valores están más bajos que los niveles nacionales, esto puede explicarse debido al tamaño de la muestra, y a la manipulación de los cerdos para realizar las distintas mediciones semana a semana, que significan un alto nivel de estrés para los cerdos.

**Tabla 2.** Efecto de la suplementación con grasas de origen vegetal y de pescado sobre parámetros de crecimiento de cerdos en el periodo de recría.

Ítem	Tratamientos			EEM	valor P
	Control T1	Aceite de palma T2	Aceite de pescado T3		
Peso de cerdos, kg					
Peso inicial	7.24	7.08	7.35	0.115	n.s
Peso final	21.84	22.38	22.39	0.595	n.s
Ganancia de peso, kg/d					
Promedio	0.248	0.298	0.296	0.016	n.s
Consumo de alimento, kg/d					
Promedio	0.607	0.628	0.640	0.010	n.s
ECA <sup>2</sup>					
Promedio	0.408	0.474	0.462	0.023	n.s

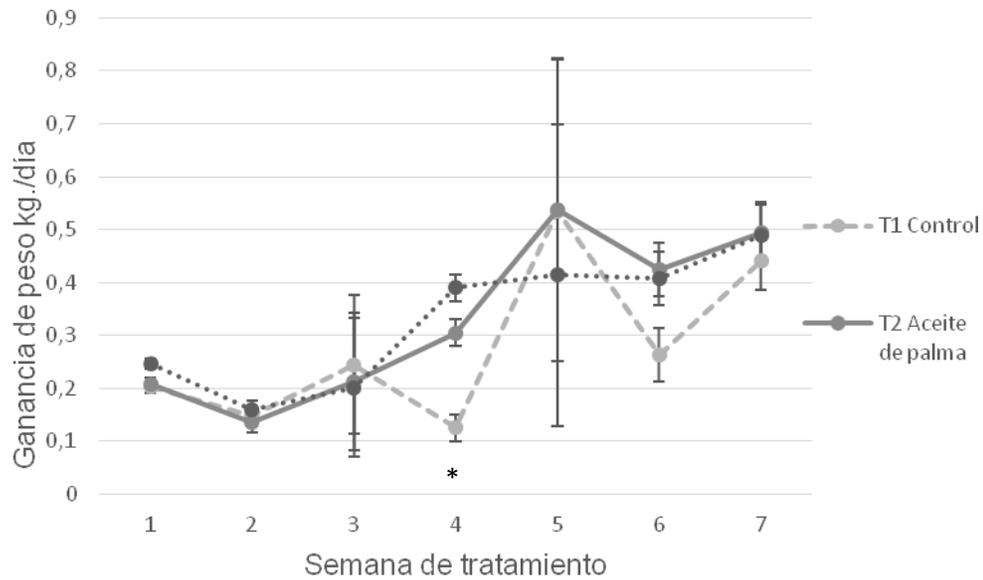
<sup>1</sup>Promedio del tratamiento

<sup>2</sup>ECA, Eficiencia de conversión de alimento; kg Ganancia de peso: kg Consumo alimento



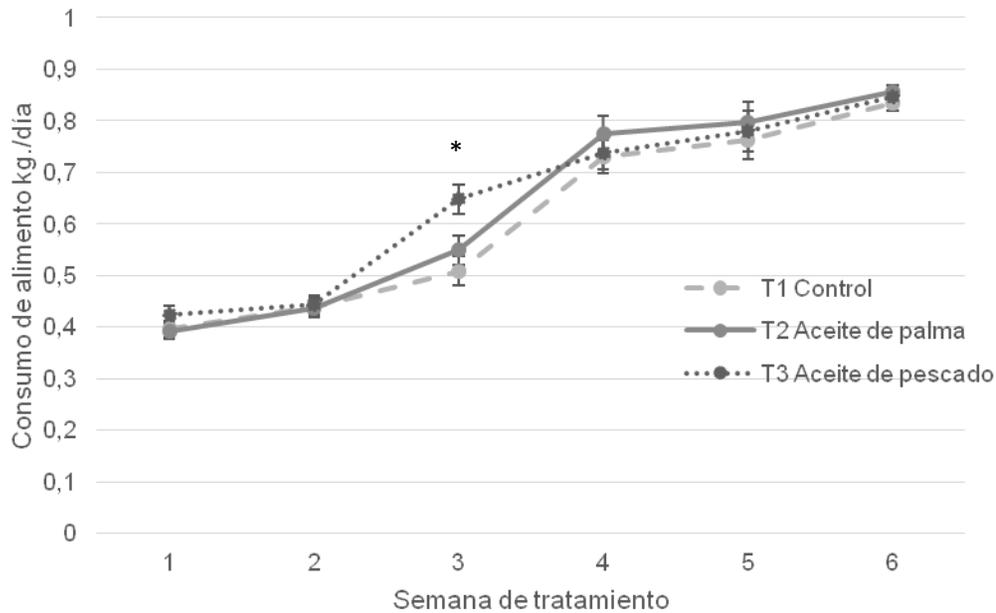
\* muestra diferencias significativas

**Figura 1.** Evolución del peso de los cerdos durante el tiempo experimental



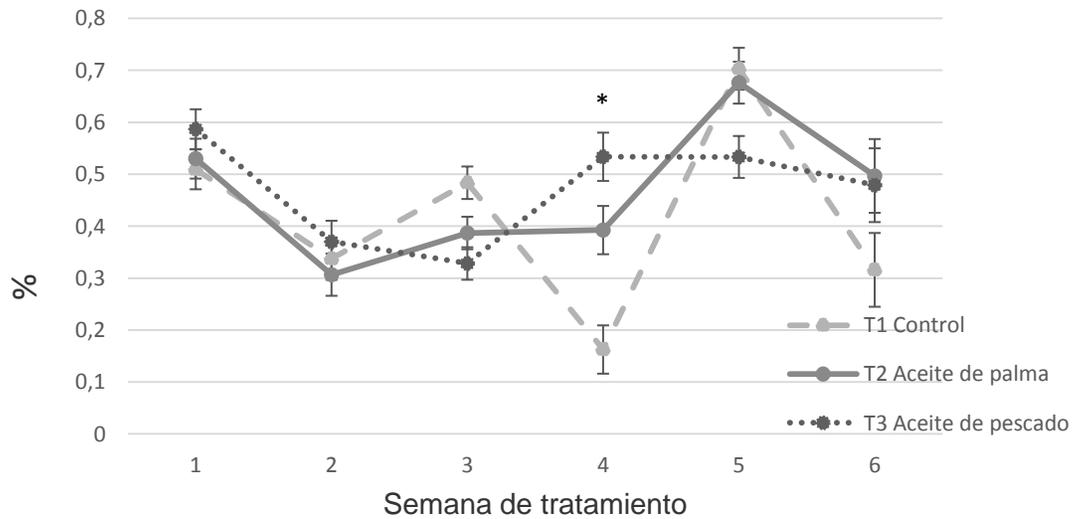
\*muestra diferencias significativas

**Figura 2.** Ganancia de peso diario durante el periodo de recría, día 28 a 70.



\*muestra diferencias significativas

**Figura 3.** Evolución del consumo de alimento diario durante el periodo de recría.



\*muestra diferencias significativas

**Figura 4.** Eficiencia de conversión de alimento.

### **Experimento 2**

#### *Consumo de alimento y ganancia de peso*

Los pesos iniciales de los lechones en el experimento 2 (tabla N°3), no variaron entre los tratamientos ( $P=0.05$ ), lo que era de esperar debido a la distribución de los animales por bloques al azar al inicio del experimento, a diferencia de los pesos finales en los cuales si existieron diferencias ( $P<0.0001$ ). No hubo interacciones entre los distintos niveles de suplementación de grasas, para todos los parámetros de crecimiento (cuadro 3).

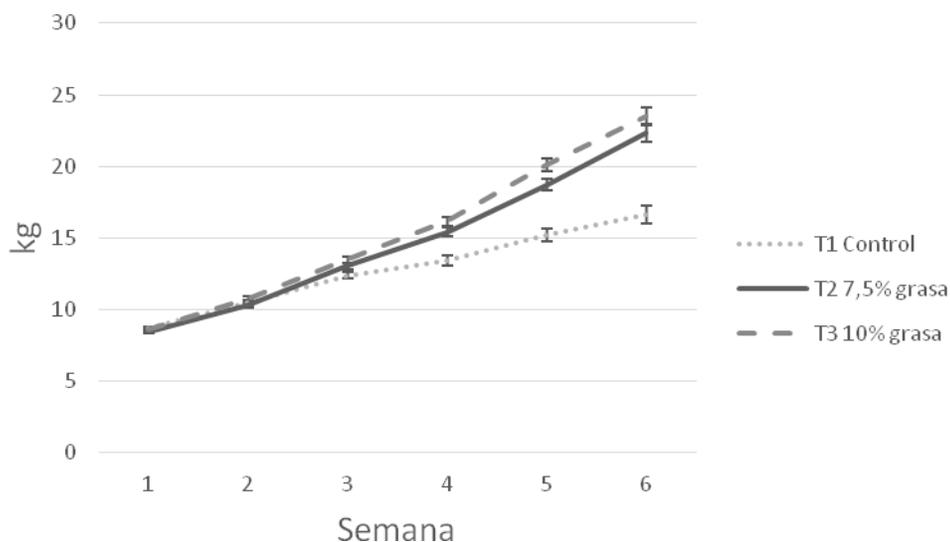
En la figura N°5 se presentan los resultados de la GDP semanal, la cual en durante las primeras 2 semanas fue similar, pero a partir de la semana 3 de tratamiento presento diferencias significativas ( $P<.0063$ ) hasta el final del experimento. A partir de la semana 3 se marca una diferencia con el tratamiento control, pero la comparación entre los distintos niveles de grasa incluidos en las dietas no presento variación.

Con respecto al CAD no se observó diferencia alguna entre los 3 tratamientos, lo que no está de acuerdo con los resultados de Beaulieu et al. en 2006, quienes si registraron diferencias en el consumo de alimento, igualándose así la ingesta de energía por los

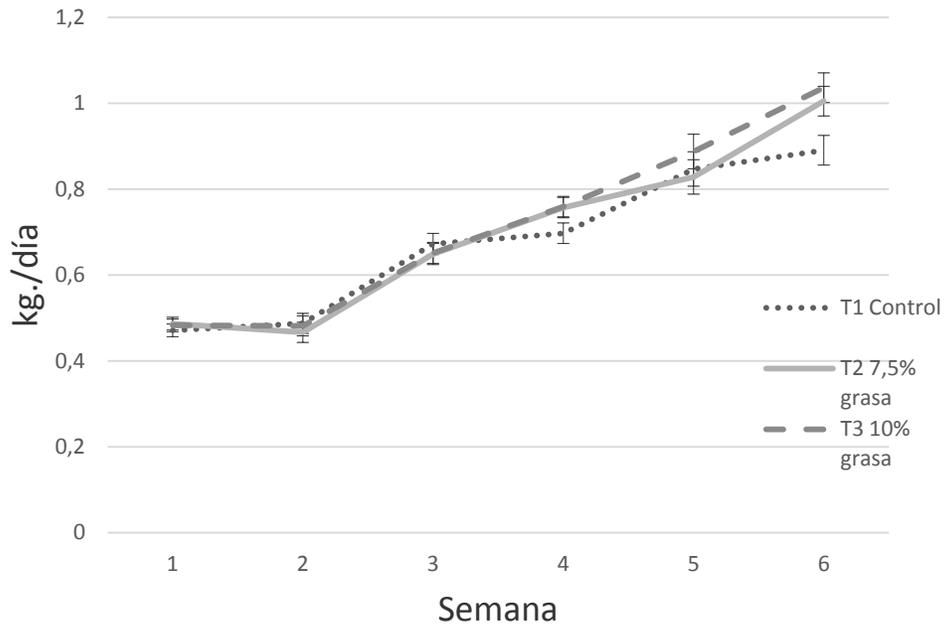
cerdos. Mendoza y Van Heugten en 2014, describieron un aumento en el consumo al agregar 2,5 % de grasa en la dieta, pero una disminución para los casos de 5% y 7,5%.

A diferencia de los experimentos anteriores no tuvimos diferencias significativas en el CDA, la diferencia puede estar en el tipo de grasa, ya que al ser incorporada a la dieta como polvo, el tamaño de sus partículas es menor, lo que aumenta la palatabilidad y también su digestibilidad, por lo tanto no disminuye el consumo.

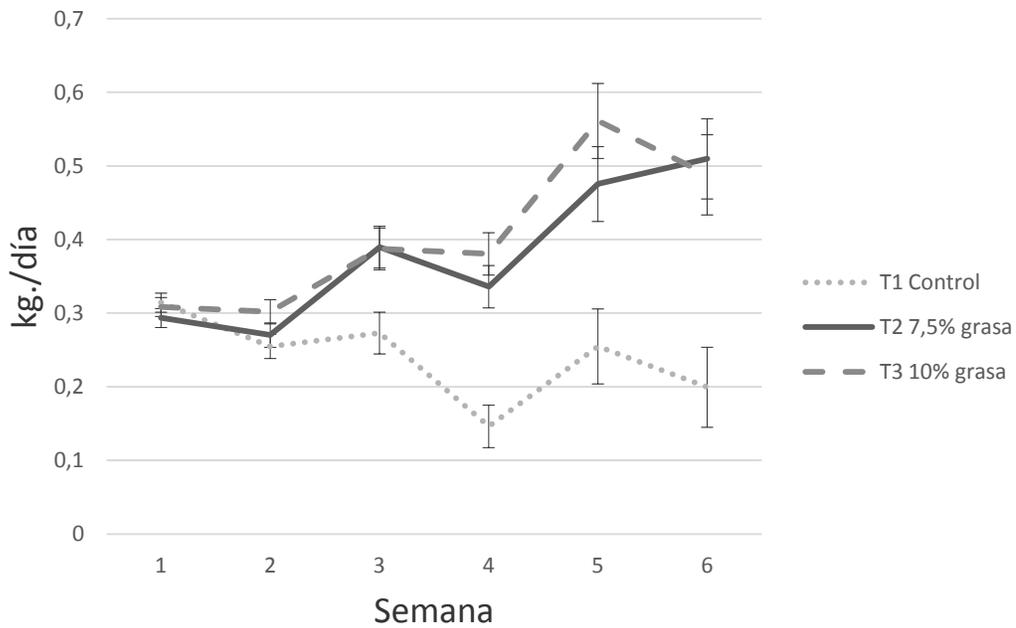
La ECA presento diferencias significativas ( $P < .0042$ ) a contar de la semana 3 de tratamiento inclusive, y al igual que la GDP, no hubo diferencias entre los diferentes niveles de inclusión de grasa, pero si con el control. La inclusión de grasas mejoró linealmente la ECA, al igual que lo demuestran los resultados de Mendoza & Van Heugten en 2014, el comportamiento de este parámetro lo muestra la figura N°8.



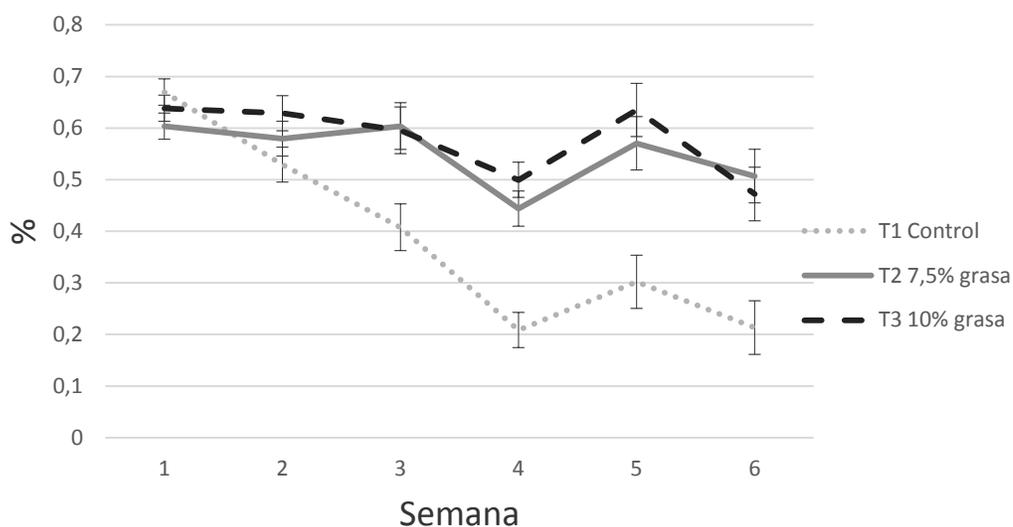
**Figura 5.** Evolución del peso de los cerdos durante el periodo de recría



**Figura 6.** Comportamiento del consumo de alimento diario de los cerdos en el periodo de recría.



**Figura 7.** Comportamiento del consumo de alimento diario de los cerdos en el periodo de recría



**Figura 8.** Comportamiento de ECA durante el periodo total.

Los cerdos que recibieron las dietas con inclusión de grasa extra, tuvieron una mayor GDP, asociada probablemente al mayor contenido energético de las dietas.

Durante las primeras 2 semanas de tratamiento, no hubo un efecto significativo en la inclusión de los distintos niveles de grasa. Esto concuerda con los resultados de Cera et al. (1989,1990) mostrando que la adición de variadas fuentes de grasas a la dieta no mejora los parámetros de crecimiento de los cerdos recién destetados, durante las 2 semanas post-destete. (Overland et al. 1993, Adeola et al. 2013)

Los cerdos parecen utilizar la energía de las grasas en las dietas experimentales de manera menos eficiente que los cerdos con las dietas sin suplementación, durante las primeras 2 semanas post-destete.

Sin embargo, los lechones parecen utilizar la energía de las dietas con igual eficiencia a lo largo de todo el periodo experimental, esto también ha sido observado previamente. (Overland et al. 1993, Pettigrew et al. 1989).

En periodo completo, la ganancia de peso ( $P < .0009$ ) y la eficiencia ( $P < .0015$ ) mejoró, al igual que aumento el nivel de grasa, las respuestas son fuertemente atribuidas a las últimas 4 semanas del experimento. Sin embargo la respuesta de la CA para las últimas 4 semanas y para el periodo completo fue linealmente significativa ( $P < .0012$ ) los datos implican un plató sin respuesta al CA entre ambos tratamientos suplementados con grasas.

Al aumentar la concentración de energía en la dieta por la adición de grasa, no afectó el consumo de alimento, esto significó que los cerdos que recibieron las dietas altas en grasa, también obtuvieron un mayor consumo de energía, proteína, aminoácidos y otros nutrientes. (Overland et al. 1999).

El obtener 1 kg de peso más al final del periodo de recría podría significar ganar hasta 4 kg más en la engorda, lo que es tremendamente importante a nivel de producción. Hay diferencias de hasta 30 gramos en el CDA, que resultaron en una diferencia de 20 gramos menos en la GDP, si bien no hay diferencias entre el T2 y T3, esto podría cambiar aumentando el número de corrales en el experimento, ya que la tendencia en las distintas figuras nos muestra que existe una tendencia.

Por lo tanto la mejora en el GDP podría ser el resultado de un mayor consumo de energía en la dieta, proteína y quizás otros nutrientes. Varios autores han reportado una reducción en el consumo voluntario de alimento con la adición de grasas en las dietas (Pettigrew & Moser, 1991; Brumm & Miller, 1996).

La significativa mejora en la ECA ( $P < .0015$ ), durante todo el experimento y sólo durante 1 semana en la CA, con la adición de grasas en las dietas sugiere que la utilización de la energía neta no difiere entre los tratamientos. Cuadro N° 3.

Datos obtenidos del Benchmark (febrero 2014) indican que la ganancia de peso diaria promedio en recría es de 0.459 kg/día, la conversión alimenticia es de 1.55, y el peso al final del periodo es de 28.14 kg promedio.

El consumo de alimento diario promedio fue de 0.711 g/día, estos datos incluyen a sistemas Top de producción, si bien nuestros valores están más bajos que los niveles nacionales, esto puede explicarse debido al tamaño de la muestra, y a la manipulación de los cerdos para realizar las distintas mediciones semana a semana, que significan un alto nivel de estrés para los cerdos.

Los valores obtenidos en ambos experimentos están distantes de los estándares de crecimiento publicados por PIC para la producción nacional, esto podría ser explicado también por las diferencias de manejo que existen en los grandes planteles, estudios informan que el alimento pelletizado aumenta el GDP en la primera fase post destete, lechones alimentados con pellet fueron más eficientes que los alimentados con dietas molidas (Xing et al. 2004), en nuestro caso las dietas fueron molidas para mejorar y facilitar la mezcla con las grasas en polvo.

**Tabla 3.** Efecto del nivel de inclusión de una grasa en polvo sobre consumo y parámetros de crecimiento en cerdos durante el periodo de recría.

Ítem	Tratamientos			EEM	valor P
	1 5%	2 7,5%	3 10%		
Peso de cerdos, kg					
Peso inicial	6.61	6.45	6.37	0.156	n.s
Peso final	16.60 b	22.296 a	23.496 a	0.887	<0.0001
Ganancia de peso, kg/d					
Promedio	0.235 b	0.370 a	0.400 a	0.024	0.0009
Consumo de alimento, kg/d					
Promedio	0.673	0.692	0.712	0.017	n.s
ECA <sup>2</sup>					
Promedio	0.35 b	0.54 a	0.56 a	0.033	0.0015

<sup>1</sup>Promedio del tratamiento

<sup>2</sup>ECA, Eficiencia de conversión de alimento; kg Ganancia de peso: kg Consumo alimento

<sup>3</sup>Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas entre tratamientos

## Conclusiones

En conclusión el uso de dietas altas en grasas mejora la GDP, si bien también se les atribuyen efectos negativos menores en la calidad de la carcasa, (Overland et al. 1999) debido a un aumento en el contenido de grasa en ella.

En el caso de las dietas altas en grasas, al obtener una mayor GDP, y un mejor CA, podría acortarse el tiempo de finalización, (Overland et al. 1999), lo que significaría variados beneficios para la producción, como el ahorro de alimento, galpones desocupados en menos tiempo, es decir acortar tiempos de producción, bajar costos, etc.

Los datos encontrados en la literatura no son concluyentes en el efecto de adicionar grasa a la dieta en la estimulación del consumo y la mejora de los parámetros productivos en las primeras 2 semanas post-destete. Pero según los datos recopilados en el presente experimento, en conjunto a la información que entrega la literatura se puede concluir que la adición de grasa en la dieta, en un nivel sobre el 7.5%, muestra una respuesta mejor en los parámetros de crecimiento, durante las últimas 5 semanas de la recría.

El obtener 1 kg de peso más al final del periodo de recría podría significar ganar hasta 4 kg más en la engorda, lo que es tremendamente importante a nivel de producción.

## Resumen

Se realizaron 2 experimentos para evaluar el efecto de la suplementación alimentaria con grasa, en cerdos recién destetados. En el Exp. 1, 75 lechones híbridos PIC destetados a los  $21 \pm 1$  día y  $7,23 \pm 1,13$  kg PV, 5 cerdos fueron ubicados por corral, y 5 corrales sorteados para cada tratamiento, 3 tratamientos, 15 corrales en total. Los 75 cerdos fueron alimentados con dietas suplementadas con 2% de grasa, el elemento de variación fue la inclusión de aceite de pescado o aceite de palma en un porcentaje de 15% en la composición de la grasa.

La GDP solo obtuvo diferencias significativas ( $P < .0001$ ) durante la semana 4 de tratamiento, lo que no ser concluyente en el resultado final. El consumo de alimento también arrojó diferencias significativas ( $P < .0107$ ) durante la semana 3 de tratamiento, sin embargo en el periodo total no se encontró efecto.

En la ECA el efecto se encontró en la semana 4 ( $P < .0544$ ), pero en el periodo total no se destacaron diferencias.

En el Exp. 2, 75 lechones híbridos PIC destetados a los  $21 \pm 1$  día y  $6,46 \pm 1,17$  kg PV, 5 cerdos fueron ubicados por corral, y 5 corrales sorteados para cada tratamiento, 3 tratamientos, 15 corrales en total. Los 75 cerdos fueron alimentados con dietas suplementadas con 7.5 y 10% de grasa. Agregar grasa a la dieta tuvo resultados significativos ( $P < .0063$ ) en la GDP a partir de la 3 semana de tratamiento, y en el total del experimento ( $P < .0009$ ). El adicionar grasas a las dietas no reportó efecto en el consumo de alimento en todos los tratamientos, semana a semana y durante el total del experimento.

Cuando la grasa fue adicionada el resultado fue significativo ( $P < .0042$ ) para la ECA durante la semana 3 a la 6, y mejoró linealmente ( $P < .0015$ ) para el total del experimento.

El efecto positivo que se obtiene al adicionar un 7,5% de grasa en las dietas de cerdos en recría, en los parámetros de crecimiento como GDP y ECA, sugieren que es recomendable suplementar para maximizar la eficiencia durante el periodo de recría.

**Tabla 4.** Experimento N°1 Efectos de la suplementación dietaria con grasas de origen vegetal y marino sobre parámetros de crecimiento de cerdos en recría (día 28 – 70)

Ítem	Tratamientos			EEM	valor P	
	Control	Aceite de palma	Aceite de pescado			
	1	2	3			
Peso de cerdos, kg						
Día	28	7,24	7,08	7,35	0,115	n.s
	35	8,65	8,55	9,07	0,191	n.s
	42	10,36	10,04	10,48	0,283	n.s
	49	11,24 b	12,17 ab	13,21 a	0,325	0.0003*
	56	15	15,94	16,11	0,630	n.s
	63	17,53	18,92	18,96	0,589	n.s
	70	21,84	22,38	22,39	0,595	n.s
Ganancia de peso, kg/d						
Semana	1 (día 28 a 35)	0.20	0.20	0.24	0.017	n.s
	2 (día 35 a 42)	0,14	0,13	0,15	0,130	n.s
	3 (día 42 a 49)	0,24	0,21	0,20	0,024	n.s
	4 (día 49 a 56)	0,12 c	0,30 b	0,38 a	0,285	<.0001 *
	5 (día 56 a 63)	0,53	0,53	0,41	0,050	n.s
	6 (día 63 a 70)	0,26	0,42	0,40	0,056	n.s
Consumo de alimento, kg/d						
Semana	1	0,39	0,39	0,42	0,018	n.s
	2	0,43	0,43	0,44	0,028	n.s
	3	0,50 b	0,54 b	0,64 a	0,032	0.0107 *
	4	0,73	0,77	0,73	0,038	n.s
	5	0,76	0,79	0,77	0,013	n.s
	6	0,83	0,85	0,84	0,015	n.s
ECA <sup>2</sup>						
Semana	1	0,50	0,53	0,58	0,040	n.s
	2	0,33	0,30	0,36	0,031	n.s
	3	0,48	0,38	0,32	0,046	n.s
	4	0,16 c	0,39 b	0,53 a	0,040	<.0001 *
	5	0,70	0,67	0,53	0,070	n.s
	6	0,31	0,49	0,47	0,062	n.s

**Tabla 5.** Experimento N°2 Efectos de la suplementación dietaria sobre parámetros de crecimiento de cerdos en recría (día 28 – 70)

Ítem	Tratamientos			EEM	valor P	
	1	2	3			
<b>Peso de cerdos, kg</b>						
Día	28	6,50	6,37	6,04	0,094	n.s
	35	8,70	8,42	8,64	0,156	n.s
	42	10,48	10,32	10,77	0,222	n.s
	49	12,40 b	13,04 a	13,48 a	0,317	0.0577 *
	56	13,42 b	15,40 a	16,15 a	0,434	<.0001 *
	63	15,20 b	18,72 a	20,08 a	0,629	<.0001 *
	70	16,60 b	22,29 a	23,49 a	0,887	<.0001 *
<b>Ganancia de peso, kg/d</b>						
Semana	1	0,31	0,29	0,30	0,012	n.s
	2	0,25	0,27	0,30	0,016	n.s
	3	0,27 b	0,38 a	0,38 a	0,028	0.0063 *
	4	0,14 b	0,33 a	0,38 a	0,028	<.0001 *
	5	0,25 b	0,47 a	0,56 a	0,050	0.0002 *
	6	0,19 b	0,50 a	0,48 a	0,054	0.0002 *
<b>Consumo de alimento, kg/d</b>						
Semana	1	0,47	0,48	0,48	0,014	ns
	2	0,48	0,46	0,48	0,023	ns
	3	0,67	0,64	0,65	0,024	ns
	4	0,69	0,75	0,75	0,023	ns
	5	0,84	0,82	0,88	0,040	ns
	6	0,89	1,00	1,03	0,034	ns
<b>ECA<sup>2</sup></b>						
Semana	1	0,66	0,60	0,63	0,025	n.s
	2	0,52	0,57	0,62	0,033	n.s
	3	0,40 b	0,60 a	0,59 a	0,045	0.0042 *
	4	0,20 b	0,44 a	0,49 a	0,034	<.0001 *
	5	0,30 b	0,57 a	0,63 a	0,051	<.0001 *
	6	0,21 b	0,50 a	0,47 a	0,051	0.0003 *

<sup>1</sup>Promedio entre tratamientos

<sup>2</sup>ECA, Eficiencia de conversión de alimento; kg Ganancia de peso: kg Consumo alimento

<sup>3</sup>CA, Conversión de alimento, kg Consumo alimento: kg Ganancia de peso

<sup>4</sup>Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas entre tratamientos

## Referencias

- Adeola O., D. C. Mahan, M. J. Azain, S. K. Baidoo, G. L. Cromwell, G. M. Hill, J. E. Pettigrew, C. V. Maxwell, and M. C. Shannon. Animal Nutrition - Nonruminant Nutrition: Dietary lipid sources and levels for weanling pigs. J ANIM SCI September 2013 91:4216-4225
- AOAC. 1984. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. 13a. Ed. Washington.
- Beaulieu A.D., C. L. Levesque, and J. F. Patience. 2006. The effects of dietary energy concentration and weaning site on weanling pig performance. J ANIM SCI May 2006 84:1159-1168
- De la Llata, S S Dritz, M D Tokach, R D Goodband, J L Nelssen, and T M Loughin. Effects of dietary fat on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs reared in a commercial environment. J ANIM SCI October 2001 79:2643-50
- Gatnau, R., Mateos, G. y Lázaro, R. (1995) Utilización de proteínas plasmáticas de origen porcino en dietas para lechones. En: Avances en Nutrición y Alimentación Animal. Rebollar, P.G., de Blas, J.C. y Mateos, G.G. (eds.). FEDNA. Barcelona, España. pp: 169-187.
- Hastad, C. W., M. D. Tokach, J. L. Nelssen, R. D. Goodband, and S. S. Dritz. 2001a. Comparison of yellow dent corn hybrids for nursery pig diets. Page 49 in Kansas State Swine Day. Kansas State Univ., Manhattan, Kansas
- Koketsu, Y., G.D. Dial, J.E. Pettigrew, W. E. Marsh and V. L. King. 1996. Characterization of feed intake patterns during lactation in commercial swine herds. Journal of Animal Science 74:1202-1210.
- Laws, J., E. Amusquivar, A. Laws, E. Herrera, I.J. Lean, P.F. Dodds and L. Clarke. 2009. Supplementation of sow diets with oil during gestation: Sow body condition, milk yield and milk composition. Journal of Life Science 123:88-96.
- Mahan. Efficacy of initial postweaning diet and supplemental coconut oil or soybean oil for weanling swine. J ANIM SCI April 1991 69:1397-402
- Margareth Øverland, Kjell-Arne RØrvik, Anders Skrede . High-fat Diets Improve the Performance of Growing-Finishing Pigs. Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science Vol. 49, Iss. 2, 1999
- Mendoza and E. van Heugten. Effects of dietary lipid sources on performance and apparent total tract digestibility of lipids and energy when fed to nursery pigs. J ANIM

SCI February 2014 92:627-636; published ahead of print January 7, 2014,  
doi:10.2527/jas.2013-6488

- Moser, B. D. 1977. Feeding animal fat to growing and finishing pigs. *Feedstuffs* 49 (15), 20–39.cruzada
- Myer, R. O. & Combs, G. E. 1991. Fat supplementation of diets containing a high level of oats for growing–finishing swine. *J. Anim. Sci.* 69, 4665–4666.
- Pettigrew, J. E. & Moser, R. L. 1991. Fat in swine diets. In: Miller, E. R., Ullrey, D. E. and Lewis, A. J. (eds.) *Swine Nutrition*. Butterworth-Heinemann, Boston, MA, p. 133.
- PIC. 2009a. Manual manejo de destete a venta [online]. Disponible en: <http://www.pic.com/Images/Users/30/ManualDesteteEngorda2013Espanol.pdf>.
- PIC. 2009b. Pig improver: Maximize weaned pig quality [online]. Disponible en: [http://www.pic.com/Images/Users/1/SalesPortal/Newsletters/PigImprover/PIC\\_pigimprover5\\_09.pdf](http://www.pic.com/Images/Users/1/SalesPortal/Newsletters/PigImprover/PIC_pigimprover5_09.pdf).
- PIC. 2012. Benchmark: Análisis de la industria porcina en Latinoamérica. Agosto. N° 10 [online]. Disponible en: <http://www.pic.com/Images/Users/30/BenchmarkLatamAgosto2012.pdf>.
- PIC. 2014. Benchmark: Análisis de la industria porcina en Latinoamérica. Febrero. N° 12 [online]. Disponible en: <http://www.pic.com/Images/Users/30/benchmarkfebrero14.pdf>.
- Pluske, J. R. 1995. Nutrition of the neonatal pig. Page 206 in *The Neonatal Pig: Development and Survival*. M. A. Varley, ed. CAB Int., Wallingford, UK.
- Reis de Souza, T. C., Mariscal Landín, G., & UribeLopez, L. (2012). Efecto de la fuente de grasa en el comportamiento zootécnico y la digestibilidad total e ileal de los nutrientes en lechones destetados. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 39(3).
- Tokach, M. D., J. E. Pettigrew, L. J. Johnston, M. Overland, J. W. Rust, and S. G. Cornelius. 1995. Effect of adding fat and (or) milk products to the weanling pig diet on performance in the nursery and subsequent grow-finish stages. *J. Anim. Sci.* 73:3358–3368
- Whittemore, C. T. 1998. The environmental requirements of pigs. Pages 484–531 in *The Science and Practice of Pig Production*. 2nd ed. C. T. Whittemore, ed. Blackwell Sci. Ltd., London, ON, Canada.

**Tabla.** Composición de ácidos grasos de los ingredientes utilizados en la elaboración de las grasas en polvo para los experimentos 1 y 2, del ensayo 3.

Ítem	Aceites			TPA	TPESCADO	GRASA PP
	Omega 3	ZAMROG K5	Palma			
<b>Ácidos grasos saturados</b>						
C<=12	0,14	0,58	6,81	1,56	0,51	1,17
C13:0	0,00	0,00	0,06	0,01	0,00	0,01
C14:0	6,62	1,23	8,08	2,31	2,08	2,80
C15:0	0,61	0,07	0,95	0,21	0,16	0,25
C16:0	14,9	49,87	29,97	46,73	44,35	42,25
C17:0	0	0,15	0,9	0,27	0,13	0,21
C18:0	3,92	45,5	16,81	40,97	38,93	35,91
C20:0	0,28	0,48	0,67	0,51	0,45	0,47
C22:0	0,21	0,09	0,00	0,08	0,11	0,10
C24:0	0,08	0,00	0,05	0,01	0,01	0,02
<b>Ácidos Grasos Monoinsaturados</b>						
C12:1	0,00	0,00	0,08	0,01	0,00	0,01
C13:1	0,00	0,00	0,11	0,02	0,00	0,01
C14:1	0,00	0,00	0,33	0,05	0,00	0,03
C15:1	0,00	0,00	0,27	0,04	0,00	0,03
C16:1	6,99	0,2	1,73	0,44	1,27	1,43
C17:1	0,00	0,00	0,47	0,07	0,00	0,05
C18:1 n9	8,15	1,49	25,84	5,33	2,54	5,10
C18:1 n7	1,22	0,00	2,45	0,39	0,19	0,45
C19:1	0,00	0,00	0,41	0,06	0,00	0,04
C20:1 n9	1,32	0,00	0,36	0,06	0,21	0,25
C22:1 n9	0,16	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03
<b>Ácidos Grasos Poliinsaturados</b>						
C18:2 n6	2,27	0,34	3,3	0,81	0,64	0,96
C18:3 n3	1,2	0,00	0,08	0,01	0,19	0,20
C18:3 n6	0,00	0,00	0,11	0,02	0,00	0,01
C18:4 n3	2,89	0,00	0,00	0,00	0,46	0,46
C20:2 n6	0,23	0,00	0,05	0,01	0,04	0,04
C20:4 n6	1,12	0,00	0,05	0,01	0,18	0,18
C20:5 n3	18,04	0,00	0,06	0,01	2,85	2,85
C20:4 n3	0,99	0,00	0,00	0,00	0,16	0,16
C22:5 n6	0,4	0,00	0,00	0,00	0,06	0,06
C22:5 n3	2,25	0,00	0,00	0,00	0,36	0,36
C22:6 n3	12,09	0,00	0,00	0,00	1,91	1,91

**ANEXO 4. ESTUDIO DE MERCADO**

**(RESULTADO 1.1)**

**PRIMER INFORME**

**ESTUDIO DE MERCADO**

**GRASAS EN POLVO PARA ALIMENTACIÓN ANIMAL**

**PROYECTO FIA PYT-2011-0057**

**“PRODUCCIÓN DE GRASAS EN POLVO MEDIANTE ATOMIZACIÓN EXTERNA Y CRISTALIZACIÓN EN  
FRIO PARA USO EN ALIMENTACIÓN ANIMAL**

**OCTUBRE-2011**

# **ESTUDIO DE MERCADO**

## **INCORPORACIÓN DE GRASA EN POLVO A PRODUCTOS PARA LA ALIMENTACIÓN ANIMAL**

### **Introducción**

Este documento corresponde al primer producto o resultado asociado al proyecto “Producción de grasas en polvo mediante atomización externa y cristalización en frío para uso en alimentación animal”

La opción asumida para la realización de este estudio es evaluar la factibilidad de la incorporación del producto a desarrollar por el proyecto en raciones alimenticias de planteles porcinos, en consideración a su importancia nacional y por las necesidades nutricionales energéticas de los animales, especialmente en las etapas iniciales de crecimiento (maternidad y recría).

En él se detalla y sistematiza la información considerada para el análisis del mercado de la incorporación de la grasa en polvo en la alimentación porcina y que ha sido posible obtener por la participación de las siguientes entidades expertas:

- Genera UC (DICTUC),
- Asociación de Productores de Cerdos (ASPROCER),
- Pig Improvement Company (PIC),
- Asociación de Médicos Veterinarios Especialistas en Producción Porcina (AMEPORC)
- Departamento de Ciencias Animales de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de la Pontificia Universidad Católica de Chile (FAIF/PUC)
- Lowerquim Ltda.

Este estudio se compone de los siguientes bloques de información: Antecedentes de la Industria Porcina; Descripción y Oferta del Producto; Demanda del Producto; Precio del Producto; Comercialización y Conclusión. Este análisis permitirá identificar y cuantificar, a los participantes del mercado y factores que influyen en la toma de decisiones de incorporación de este nuevo producto.

### **A. Antecedentes de la industria**

El sector de producción porcina cuenta con una organización, la Asociación Gremial de Productores de Cerdos (ASPROCER) que reúne a más 35 empresas de diferentes tamaños y estructura productiva, y que representan más del 90% de la producción total de cerdos en el país.

La industria Porcina ha crecido considerablemente en la última década, del orden el 200%, fundamentalmente debido a un aumento de los vientres. El 40% de este crecimiento se ha registrado en los últimos 5 años.

Teniendo como referencia esta tasa de crecimiento, el año 2009 se proyectó un crecimiento promedio anual de 8,6% para los siguientes 10 años (Análisis de la Industria Porcina en Latinoamérica, PIC Latam, 2009). Sin embargo, en el 2010 no se produjo un aumento del inventario de porcinos, tanto en los principales productores mundiales como a nivel nacional, ni hubo una expansión en el número de madres que indique un crecimiento de la oferta. Asimismo,

las transacciones internacionales de carne porcina están, en general, en niveles considerados normales, lo mismo que el consumo de carne porcina, salvo en países del Asia y América Latina, con un precio por encima de los precios promedios históricos pero con un costo de producción en alza sostenida debido a un aumento del precio de los granos (PIC, Latam, 2010).

De acuerdo a los analistas el sector, el precio del porcino se mantendrá por encima de los valores históricos en el 2011, basándose en:

- el escaso o nulo crecimiento del número de vientres;
- continuidad de la expansión del poder de compra de los países en desarrollo y que presentan una alta tasa de expansión en sus economías (caso de Asia y algunos países de América Latina);
- baja producción y alto precio de la carne bovina.

Las estimaciones de producción de carne porcina apuntan en el sentido de generar una expansión pequeña e insuficiente para generar un exceso de la oferta para los niveles de consumo existentes.

Del punto de vista de las exportaciones, lo más probable es que el volumen total de las transacciones internacionales de carne porcina se mantenga estable.

La mayor inquietud se centra en los altos costos de producción, lo que genera una gran incertidumbre en relación a lo que sucederá en el 2011 y años venideros, especialmente con el comportamiento de la cosecha de granos en América del Sur y en los Estados Unidos. La gran demanda de maíz para la producción de etanol, en los Estados Unidos, es un factor importantísimo que determina tanto el precio del maíz como el de otros productos que compiten por la misma área de producción. Sin embargo, el volumen de maíz que se utilizará en la producción de etanol como los efectos climáticos sobre la cosecha son previsibles y no deberían representar un factor sorpresa para el mercado.

Otro factor que ha influenciado fuertemente el precio y que es de baja previsibilidad, es la actuación de los fondos que buscan oportunidades de inversión para protegerse de la variación de la tasa de cambio del dólar americano.

En este escenario de difícil previsión del precio de los granos, lo seguro es que el costo de producción será superior en todos los mercados. Sin embargo, la mayoría de los analistas convienen en un escenario en el que no se esperan precios de los granos mayores a los actuales, lo cual asociado a precios por encima del promedio histórico para la carne porcina, no significaría un nuevo período de crisis en los principales países productores de América Latina.

La posibilidad que se produzcan episodios que cambien rápidamente lo señalado anteriormente está siempre presente. La confirmación de cosechas cercanas a la normalidad en las principales regiones productoras, asociado a otras oportunidades competitivas de inversiones puede hacer que los fondos de inversiones se desfasen de sus posiciones actuales hacia otros **commodities agrícolas**, ocasionando una inmediata caída de los precios. También, la disminución de la producción de soya en Argentina puede causar el mismo efecto anterior.

Este análisis obliga a replantear las metas señaladas en la presentación del proyecto, especialmente en cuanto al crecimiento del sector porcino, reduciendo la tasa de crecimiento desde el 8,6% anual para los siguientes 10 años a 0%. En este escenario, lo que no cambia y se hace más evidente, es la urgencia en mejorar los índices de eficiencia productiva, siendo la alimentación un factor preponderante. Buscar nuevas fuentes de energía y de proteína a través de

la aplicación de tecnologías innovadoras que permitan mejorar la eficiencia productiva mejorando los rendimientos y disminuyendo los costos de las materias primas es el gran desafío para lo que resta de esta década.

Datos entregados por PIC (2010), muestran que los productores porcinos líderes en el país (10%) ocupan el primer lugar en América del Sur en cuanto a la tasa de parición (92,5%) y en lechones destetados por hembra al año (29,9), pero a su vez presentan la mayor tasa de mortalidad en maternidad junto con México (8%), ocupan el sexto lugar en el número de partos por año (2,5) y el cuarto lugar en la eficiencia de conversión de alimento (kg de ganancia de peso/kg de consumo de alimento) de 1,45 en el período de recría (sitio 2). Es interesante señalar que la variación respecto a la media poblacional es bastante menor en relación a los otros países del continente (Tabla 1).

**TABLA 1.A) INDICADORES PRODUCTIVOS Y REPRODUCTIVOS TOP 10**

<b>Áreas</b>	<b>Chile</b>	<b>Promedio Latinoamérica</b>
<b>Reproducción</b>		
Tasa de parición (%)	92,5	91,07
Parto/hembra/año	2,5	2,49
Nacidos vivos promedio	13	11,86
Mortalidad/maternidad (%)	8	7,02
Edad destete (días)	23	21
Peso destete	6,8	6
Destetados hembra/año	29,9	27,48
<b>Sitio 2 (RECRÍA)</b>		
Mortalidad + eliminación (%)	1	1,68
Ganancia diaria(kg/día)	0,488	0,461
Conversión (kg)	1,45	1,48
Edad de salida (días)	68	69
Peso de salida (kg)	29	28
<b>Sitio 3 (ENGORDA)</b>		
Mortalidad + eliminación (%)	2,2	2,49
Ganancia diaria (kg/día)	0,918	0,904
Conversión (kg)	2,65	2,54
Edad de salida (días)	165	161
Peso venta (kg)	118	112

**TABLA 1.B) INDICADORES PRODUCTIVOS Y REPRODUCTIVOS DE LA MEDIA POBLACIONAL**

	<b>Chile</b>	<b>Promedio Latinoamérica</b>
<b>Reproducción</b>		
Tasa de parición (%)	91	84,84
Parto/hembra/año	2,48	2,36
Nacidos vivos promedio	12,7	10,97
Mortalidad/maternidad (%)	9	8,72
Edad destete (días)	22	23
Peso destete	6,5	6,1
Destetados hembra/año	28,66	23,63
<b>Sitio 2 (RECRÍA)</b>		
Mortalidad + eliminación (%)	1,2	2,9
Ganancia diaria(kg/día)	0,446	0,421
Conversión (kg)	1,5	1,68
Edad de salida (días)	68	71
Peso de salida (kg)	27	26

<b>Sitio 3 (ENGORDA)</b>		
Mortalidad-eliminación (%)	2,7	3,05
Ganancia diaria (kg/día)	0,882	0,882
Conversión (kg)	2,7	2,76
Edad de salida (días)	170	160
Peso venta (kg)	117	101

Lo dicho anteriormente se ratifica al analizar las líneas de investigación propuestas por AMEPORC, PIC y ASPROCER, en las que se señalan dos como las prioritarias:

- Evaluación nutricional de nuevas fuentes de insumos energéticos y proteicos
- Mejoramiento de la calidad nutricional y organoléptica de la carne, enfatizando en la suplementación de ácidos grasos esenciales Omega 3, antioxidantes naturales y aceites esenciales.

En este ámbito, la industria se ha fijado las siguientes metas para la media poblacional: aumentar el número de partos al año de 2,48 a 2,6; disminuir la mortalidad en maternidad de 9 a 5 %; aumentar el número de lechones destetados por hembra al año de 11,56 a 11,96 y mejorar la eficiencia de conversión de alimento de 2,70 a 2,50 en el período total (final sitio 3).

Además, se debe tener presente la siguiente información del mercado porcino:

- El 40% de la producción nacional de carne de cerdo se exporta principalmente a mercados altamente exigentes como son Corea del Sur, Japón, Unión Europea y últimamente China.
- Aproximadamente el 30% del cerdo que se produce no califica para exportación, principalmente por deficiencias en la calidad organoléptica de la carne.
- El costo de producción de un cerdo representa el 75 a 80% de los costos totales de producción.
- Existe una alta correlación entre el peso de los lechones al destete y la ganancia de peso en las etapas productivas posteriores. Un aumento de 1 kg por cerdo destetado se traducirá en 4,0 kg de aumento en el cerdo a venta.
- Mejorar la eficiencia de conversión de alimento (ECA) en 0,1 punto en un animal vendido a los 125 kg con un costo de \$ 170/kg de alimento, significa un ahorro de \$ 2.125/cerdo. Desde otro punto de vista, un productor mediano de un tamaño de 1000 vientres presentaría un menor costo anual cercano a los \$60.000.000 sólo por concepto de mejorar la ECA de 2,7 a 2,6.

## **B. Descripción del Producto y Oferta del producto**

### Producto a desarrollar (grasa en polvo)

La grasa en polvo se obtendrá de una mezcla de aceites vegetales parcialmente hidrogenados con punto de fusión menor a 44°C, enriquecida con ácidos grasos Omega 3.

La grasa será transformada en polvo utilizando la tecnología de atomización externa y cristalización por frío.

Esta grasa en polvo servirá tanto para ser utilizada como ingrediente energético en la dieta de lechones como para su incorporación en sustitutos lácteos para la alimentación de los recién nacidos en sus primeras etapas de crecimiento (terneros, cabritos, corderos, potrillos y mascotas) y en productos específicos para vacas lecheras.

La planta de secado de la grasa tendrá un rendimiento de 200 kg/hora y se considera una jornada mensual de 200 horas, con una producción de 40 toneladas mensuales.

El plan de negocio contempla tres etapas en la incorporación del uso de grasa en polvo en las dietas:

- ✓ *Primera Etapa:* en raciones para lechones en maternidad y hasta el final de sitio 2 (Recría)
- ✓ *Segunda Etapa:* en raciones para hembras en lactancia hasta el destete (21 días).
- ✓ *Tercera Etapa:* en raciones para hembras en gestación.

El proyecto FIA corresponde a la primera etapa, y por tanto, desarrollará y comercializará un producto de 100% de grasa en polvo en una presentación de sacos de 25 Kg, destinado a la alimentación de lechones.

Se asume que las empresas más tecnificadas comprarán sólo la Grasa en polvo y excepcionalmente, a pedido de algunas empresas, podrá comercializarse en una formulación con características similares a otros productos disponibles en el mercado (Ej.. Bigolac).

#### Productos alimenticios complementarios

De acuerdo a las estimaciones del mercado, en los primeros años la demanda del mercado objetivo no cubrirá la capacidad total de producción de grasa en polvo de la planta procesadora (40 ton/mes), por lo cual ha sido necesario diversificar los usos de la grasa en polvo en otros productos para producción animal que permitirán mantener funcionando la línea de procesó en forma continua.

Los productos complementarios son los siguientes:

- Sustituto lácteo:

La empresa Lowerquim, en la actualidad, vende aproximadamente 25 toneladas mensuales de un sustituto lácteo para terneros, para lo debe importar suero enriquecido (50% grasa) desde Holanda.

Prácticamente la totalidad de los sustitutos lácteos para alimentación de terneros se importan y la composición nutricional es baja (proteína 20% y grasa 15%) por un problema de ajuste de los precios al mercado nacional.

La elaboración de la grasa permitirá a Lowerquim producir un sustituto lácteo con una formulación fuertemente competitiva por su mayor aporte nutricional (24% proteína y 20% grasa), a un precio al consumidor igual al de los sustitutos importados.

- Vitaminas complejo B + Metionina encapsulada en grasa:

Se producirá una grasa en polvo compuesta por ácidos grasos libres con alto grado de hidrogenación cuya característica es ser insoluble a nivel ruminal. Las vitaminas y la metionina serán encapsuladas en esta grasa por adsorción de las partículas de ácidos grasos libres, protegiéndolas de su degradación a nivel ruminal, solubilizándose por el pH a nivel gástrico y liberando las vitaminas y metionina para su absorción intestinal (Gonzalez y Koenekamp, 2005).

Es un producto para ser usado en vacas de leche en el periodo comprendido entre el parto (21 días) y post parto (45 días), con el propósito de mejorar la funcionalidad hepática y a la vez evitar la presencia de hígado graso y las alteraciones metabólicas que se derivan de esta patología. Se

estima un consumo de 13 kg de grasa y un requerimiento de 13,5 ton/mes para un mercado objetivo de 12.000 vacas.

- Producto energético para vacas lecheras durante el período de transición (21 días preparto y 45 días postparto).

El producto estará compuesto por ácidos grasos libres de origen vegetal, parcialmente hidrogenados, y propilen-glicol. El concepto detrás de este producto es aportar un sustrato gluconeogénico a hígado (propilen-glicol) y ácidos grasos como aporte energético suplementario a los tejidos y para la síntesis de grasa en la glándula mamaria.

- Productos alimenticios que utiliza el sector en la alimentación de lechones.

En Chile, en los productos que contienen una alta proporción de grasa en polvo, básicamente son dos los que se han utilizado para alimentación de lechones desde los 12 hasta los 70 días de edad:

- Nuklospray K- 43 (Anasac) y
- Bigolac (Veterquímica),

Ambos importados desde Holanda y el primero tiene una escasa participación en el mercado.

La composición química (base materia seca) de ambos productos es a similar (Laboratorio de Análisis de Alimentos, Depto Ciencias Animales):

<b>Nutrientes</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Materia seca	97,00
Proteína	18,00
Grasa	28,50
Lactosa	41,00

El producto, además de grasa vegetal, incorpora suero de leche y/o permeato de suero de mantequilla y proteína vegetal en base soya. La fracción proteica de la soya precipita rápidamente, por lo que debe tratarse de un compuesto de soya de baja calidad. Es probable que el tratamiento a que someten este compuesto mantenga los factores antinutricionales termoestables que están en alta concentración en el poroto de soya, particularmente proteínas antigénicas (glicinina y conglicinina) que producen atrofia de las vellosidades intestinales y disminución de la capacidad absorbente de nutrientes. Por otra parte, la grasa es insoluble, independiente de la dilución, temperatura y acidez del medio. La cromatografía realizada a la grasa indica una alta composición de triglicéridos de ácidos grasos de cadena larga hidrogenados, lo que confirma la nula solubilidad de la grasa y por tanto una baja digestibilidad de los ácidos grasos. En definitiva no parece un buen producto.

### **C. Demanda del producto:**

Se definió la Demanda Real, asumiendo una segmentación del mercado hacia los planteles que en promedio tengan 3500 madres, como la proporción de lechones de la población total, a cuyas dietas en maternidad y en el sitio 2 se les incorporaría una grasa en polvo enriquecida con Omega 3, para mejorar sus indicadores productivos: de tamaño y peso de la camada al destete; mortalidad en maternidad/recría; número y peso de los lechones al final del sitio 2 (68 a 70 días) y mejorar la eficiencia de conversión de alimento.

Para efectos de las estimaciones y de acuerdo a la información que se ha obtenido del sector, son alrededor de 30 planteles que están en este segmento de tamaño, por tanto la demanda real se derivaría de un total de 105.000 vientres o hembras reproductoras.

A partir de este segmento, se definió como demanda potencial un 35 % de la demanda real, asumiendo que es la cifra estimada de alcance de una estrategia de difusión y marketing que permitirá dar a conocer el producto. Esto correspondería a aproximadamente 10 planteles porcinos.

Además, de este mercado potencial se consideró como mercado objetivo, sólo un 15%, considerando que es el grupo más proclive a la incorporación de nuevos alimentos e ingredientes y que estarán dispuestos a innovar en esta materia, ya sea por una decisión de los productores o bien por recomendación de sus asesores, de acuerdo a la información entregada por los Médicos Veterinarios especialistas del sector.

Por tanto, habiendo establecido como población total de la industria porcina a un total 250.000 hembras reproductoras para el año 2011, de las cuales para el segmento de planteles medianos existe una estimación de 105.000 vientres, existe una demanda potencial de 36.750 hembras, de las cuales solo 5.513 hembras serán las que generen la demanda objetivo, considerando que se trata de un proyecto de una escala pequeña.

Se consideró un horizonte de 10 años para alcanzar las metas propuestas por las entidades técnicas que participaron en el estudio de mercado.

No obstante lo anterior, y en consideración a las proyecciones más prudentes de crecimiento del sector, se ha estimado una tasa **nula** (0%) de crecimiento anual del mercado real, no obstante lo anterior se estima que anualmente exista un aumento de en la demanda potencial de aproximadamente 2 puntos, entendiendo este efecto, como aquellos productores que se enteran e informan sobre el producto. Este aumento permite que al año 10, exista una demanda potencial cercana al 60% del mercado real, por tanto desde las 36.000 hembras al año 1, se aumenta a 63.000 al año 10, lo cual representa un 60% del mercado real de este segmento de medianos planteles, es decir aproximadamente 18 planteles.

Similar efecto se estima que se producirá en el crecimiento de la proporción del mercado potencial que se transforma en mercado objetivo, debido a que en la medida que existan planteles que han incorporado este ingrediente en las raciones de lechones maternidad y recrea, por efecto demostrativo se incrementa la tasa de incorporación de nuevas hembras a este sistema, por tanto si en un principio (año 1) la proporción era solo un 15 % ( 5.513 hembras), al año 10 es de un 45% de la demanda potencial, alcanzando a 28.350 hembras, que corresponderían a 8 planteles.

Para efectos de determinar la demanda de la grasa en polvo, se han considerado los siguientes supuestos en parámetros productivos y reproductivos:

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>observación</b>
Porcentaje de parición	91%	Sin variación
Número de partos al año	2,48	En aumento hasta 2,60 al año 10
Lechones nacidos vivos /parto	11,40	En aumento hasta 11,96 al año 10
Mortalidad maternidad/recrea	10,20%	En descenso hasta 6% al año 10
Consumo grasa lechones en 60 días	1,27 Kg	Sin variación

Con estos datos se estimó que en la Primera Etapa de desarrollo del plan de negocio se requieren 17 ton/mes de grasa en polvo, durante el primer año, llegando al 6° año a copar la capacidad de producción de la planta y a duplicarla al año 10.

El detalle de estos datos para la determinación de consumo de grasa en polvo en el Mercado Objetivo, se presenta en el **Anexo 1**.

#### **D. Precio del producto**

Para efecto de calcular el precio de la grasa puesto en plantel de productor se han considerado los siguientes valores:

Costo de materia primas de grasa en polvo: \$ 670.

- ✓ 2% mermas en la producción y pérdidas en la comercialización.
- ✓ \$15 costo de envase de tres capas de papel más bolsa polietileno interior.
- ✓ 20% de costos operacionales de la empresa.
- ✓ 45% de utilidad empresa.

<b>Precio de venta por kilo de grasa en polvo : \$ 1.215.-</b>
--

#### **E. Comercialización**

La comercialización del producto se realizará a través de venta directa a productores, utilizando los canales habituales de la empresa Lowerquim. No obstante, dado que se trata de la incorporación de un nuevo producto sus resultados serán demostrados en el Centro de Investigación, Innovación Tecnológica y Capacitación de la Industria Porcina CICAP, de la Universidad católica de Chile, que es una de las entidades asociadas a este proyecto y que acreditará la calidad nutricional del producto.

#### **F. Conclusión**

Los datos analizados permiten afirmar que existe una demanda de mercado suficiente para el desarrollo del producto que permite anticipar la sustentabilidad del proyecto y buenas proyecciones de rentabilidad, y es factible en el mediano plazo proyectar la necesidad de ampliación de las instalaciones.

En comparación con los productos sustitutos disponibles en el mercado definitiva, existe una alta probabilidad que sus resultados sean mejores en términos de mejores índices productivos por permitir mejorar la calidad nutricional de las raciones a precios competitivos.

**ANEXO**

<b>DETERMINACIÓN DE CONSUMO DE GRASA EN POLVO EN MERCADO OBJETIVO DEL PROYECTO</b>										
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>AÑOS</b>									
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>INDICADORES PRODUCTIVOS Y REPRODUCTIVOS</b>										
Crecimiento anual población de hembras (%)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Crecimiento del mercado potencial	35,0%	38,0%	40,0%	42,0%	44,0%	46,0%	51,0%	55,0%	58,0%	60,0%
Crecimiento del mercado objetivo	15,0%	16,0%	18,0%	23,0%	26,0%	30,0%	35,0%	41,0%	43,0%	45,0%
Porcentaje de pariciones	91%	91%	91%	91%	91%	91%	91%	91%	91%	91%
Número de partos	2,48	2,48	2,49	2,51	2,53	2,55	2,57	2,59	2,60	2,60
Lechones nacidos vivos/parto	11,40	11,40	11,46	11,52	11,58	11,64	11,70	11,76	11,80	11,96
Mortalidad maternidad/recría (%)	10,20	9,74	9,28	8,82	8,36	7,90	7,44	6,98	6,52	6,00
Consumo de grasa lechones (60 días, Kg)	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27
<b>CALCULOS</b>										
Mercado Real*	105.000	105.000	105.000	105.000	105.000	105.000	105.000	105.000	105.000	105.000
Mercado Potencial	36.750	39.900	42.000	44.100	46.200	48.300	53.550	57.750	60.900	63.000
Mercado Objetivo	5.513	6.384	7.560	10.143	12.012	14.490	18.743	23.678	26.187	28.350
Hembras paridas	5.016	5.809	6.879	9.230	10.930	13.185	17.055	21.546	23.830	25.798
Lechones nacidos vivos	141.812	164.232	196.295	266.887	320.220	391.357	512.826	656.256	731.104	802.214
Lechones destetados	127.347	148.236	178.079	243.348	293.450	360.440	474.672	610.449	683.436	754.081
Consumo de grasa lechones destetados (kg/año)	170.916	198.417	237.727	323.999	389.680	477.391	627.061	804.358	898.233	988.247
Consumo de grasa lechones destetados (ton/mes)	14	17	20	27	32	40	52	67	75	82
* considera medianos productores con 3500 hembras/plantel										

## ANEXO 5. INFORME DE ADAPTACIÓN DE TORRE DE SECADO SPRAY

El día 23 de abril se celebró el contrato con el Ingeniero en Alimentos Sr. José Miguel Maturana Esquivel, quien es el experto encargado de la reparación de secador Spray para su adaptación.

Las actividades desarrolladas por el Sr. Maturana hasta la fecha son las siguientes:

- Desmontaje de bomba de alimentación y motor eléctrico
- Desmontaje de ventilador principal y motor eléctrico
- Desmontaje de atomizador y motor eléctrico
- Desmontaje de quemador
- Desmontaje de ciclón
- Desmontaje de ductos principales
- Desarme de bomba de alimentación, limpieza, cambio de rodamientos de bomba y motor y revisión de carbones, limpieza de los mismos y rearme de todo el conjunto
- Desarme total de ventilador, limpieza, cambio de rodamientos y modificación del mismo por falla de fabricación (rotor de ventilador con desfase en 2.5 cm) esta falla no permitiría nunca trabajar correctamente el secador y rearme del conjunto con modificación de descarga de válvula de lavado
- Revisión y cambio de rodamiento del motor del ventilador
- Desarme total de atomizador y motor, revisión y limpieza, reparación de bomba de lubricación, cambio de rodamientos de atomizador y motor, cambio de correa y rearme de todo el conjunto
- Limpieza y revisión del ciclón, rearme y montaje del mismo
- Limpieza de ductos de la cámara a ciclón
- Revisión y reparación de sistema de iluminación de cámara
- Instalación de automático principal, automáticos de circuitos (5), instalación de bandejas nuevas y recableado nuevo del tablero eléctrico
- Instalación y desmontaje de controladores de T° y variador de frecuencia de ventilador principal.

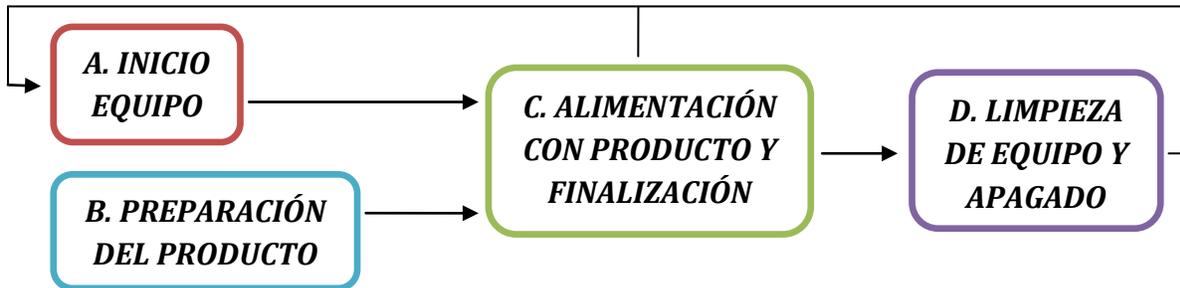
Además, surgió como una necesidad adicional el traslado de la Torre de Secado al interior de la Unidad de Metabolismo, para protegerla y realizar los ensayos para determinación de parámetros de proceso. Con este fin se contrató el día sábado 23 de junio de 2012, los servicios de la empresa Ávila Servicios que consideraba el servicio de grúa pluma, apertura y cierre del techo y la instalación eléctrica trifásica al interior. Esto a la fecha se encuentra completamente terminado.

- Un estanque receptor donde se almacenará la grasa que se desea secar y cristalizar.
- Una bomba inyectora continua que mueve la grasa desde el estanque al disco.
- Un disco en la parte superior de la cámara que atomiza los aceites o las soluciones que son inyectados desde el estanque receptor. Aquí se inyectan las mezclas de aceites a una temperatura que depende del punto de solidificación del aceite (a mayor grado de hidrogenación, mayor es el punto de fusión).
- La cámara de atomización y enfriamiento que es un cilindro de acero inoxidable de doble pared de con terminación interior cónica, de secado por calor.
- Un separador ciclónico con paredes de acero inoxidable para la recolección de partículas finas, que a su vez es continuado por un ventilador centrífugo que hace salir el aire.

- Un filtro que toma aire del medio ambiente y lo impulsa posteriormente a dos estructuras (un soplador rotatorio y un ventilador centrífugo) que luego a través de su paso por un intercambiador de calor harán ingresar el aire a dos puntos distintos de la torre. El aire que proviene del soplador rotatorio inyectará aire, lo comprime y lo hace ingresar en la parte superior de la torre, y el aire que proviene del ventilador centrífugo, inyectará aire al cilindro en la parte inferior de la torre con el objeto de impedir que la partícula caiga al cono instalado en la parte inferior de la torre, y por lo tanto promueve que las grasas floten como remolino hacia la parte superior de la torre. las partículas atomizadas son recibidas al interior de la cámara a una temperatura de 220 grados Celsius. Eso produce una evaporación instantánea de las partículas de agua que rodean a la partícula grasa. La alta temperatura seca las partículas.

No se va a usar el sistema de secado por calor porque no es el propósito del proyecto. **La modificación consiste en incorporar al sistema un compresor (unidad de frío) mediante la cual inyectará aire frío entre 0 y 6 °C, para recibir la partícula de aceite atomizada a una temperatura.** La inyección de la mezcla de aceite que es inyectada a 48 – 50 ° a través del disco atomizador se reciba a una temperatura más baja, 4 a 6 grados más bajo que el punto de solidificación. A esa temperatura la partícula CRISTALIZA.

## ANEXO 6. MANUAL DE USO EQUIPO DE FRÍO Y SECADOR NIRO



### PASOS A SEGUIR SEGÚN ETAPA DEL PROCESO.

#### A. INICIO DEL EQUIPO

1. Asegurarse que todas las piezas del equipo estén bien conectadas, el tacho recolector esté unido y con su clapeta abierta, y la puerta de la cámara esté cerrada, para evitar la fuga de aire y/o producto con el que se trabajará.
2. Lubricar con aceite el atomizador.
3. Comenzar el registro.
4. Encender el equipo de frío, encendiendo de izquierda a derecha los interruptores.
5. Encender el ventilador y esperar a que la cámara logre las temperaturas de entrada y salida adecuadas ( $T^{\circ}E -5^{\circ}C$ ;  $T^{\circ}S 0^{\circ}C$ ).
6. Encender el equipo NIRO, encendiendo el interruptor "A1".
7. Encender el atomizador y aumentar el número de revoluciones por minuto lentamente hasta las deseadas (25.000 rpm aprox. o desplazar la perilla "P1" del atomizador a una potencia de 60).

#### B. PREPARACIÓN DEL PRODUCTO

1. Derretir la grasa en un recipiente con una cocinilla y monitorear constantemente su temperatura.
2. Agregar los demás ingredientes y revolver.
3. Cuando el producto llegue a  $85^{\circ}C$  aprox. retirarla del fuego para vaciar a los más 6 litros a otro recipiente más pequeño y esperar a que baje a  $81^{\circ}C$  aprox.

#### C. ALIMENTACIÓN CON PRODUCTO Y FINALIZACIÓN

1. Vaciar el producto caliente al recipiente-alimentador, asegurándose que la llave de la manguera del mismo permanezca cerrada. Manipular con guantes para evitar quemaduras.

2. Abrir la llave de paso para permitir el ingreso del producto al atomizador y posteriormente a la cámara.
3. Luego de haber procesado todo el producto, es recomendable dejar encendido el atomizador por un tiempo breve (de 1 a 2 minutos) para asegurar que no queden residuos en el atomizador.
4. Disminuir poco a poco la potencia del atomizador hasta llegar a cero.
5. Apagar el atomizador.
6. Retirar del tacho recolector el producto procesado con la clapeta del mismo cerrada.
7. En caso que se quiera volver a procesar producto, se deja encendido el ventilador para que vuelva a las temperaturas de entrada y salida adecuadas, repitiendo los pasos ya descritos anteriormente.

#### D. LIMPIEZA DE EQUIPO Y APAGADO

1. Preparar la solución para limpieza con agua caliente y soda cáustica al 3%.
2. Revisar conexiones del equipo: embudo-alimentador unido a su manguera, unir la manguera desde el tacho alimentador hacia el conducto de limpieza, ubicado en la parte superior del secador Niro, y desconectar el tubo ubicado en la parte baja de la máquina que une la cámara con el ciclón para permitir la salida de la solución que se utilizará.
3. Depositar en el embudo la solución de limpieza.
4. Encender el equipo.
5. Encender el atomizador y la bomba de alimentación.
6. Regular lentamente las potencias del atomizador a 10.000 rpm aprox. (perilla "P1") y de la bomba de alimentación a máxima velocidad (perilla "P2").
7. Permitir que la solución vaya circulando por la máquina por 10 minutos, vaciando repetidas veces la solución con las mismas concentraciones al embudo sin que se acabe si la máquina sigue en funcionamiento.
8. Disminuir las potencias lentamente del atomizador y de la bomba de alimentación a cero.
9. Apagar y cortar la corriente de la máquina.
10. En caso que fuera necesario, limpiar de forma manual la cámara y las diferentes piezas desmontables que la máquina posee con agua caliente y detergente.

#### CHECKLIST PARA CADA ETAPA

##### A. INICIO DEL EQUIPO

- ✓ Aceite lubricador

## B. PREPARACIÓN DEL PRODUCTO

- ✓ Dos ollas
- ✓ Guantes para protección
- ✓ Termómetro
- ✓ Cocinilla
- ✓ Fósforos o encendedor
- ✓ Cuchara

## C. ALIMENTACIÓN CON PRODUCTO Y FINALIZACIÓN

- ✓ Guantes para protección de calor

## D. LIMPIEZA DE EQUIPO Y APAGADO

- ✓ Destornillador
- ✓ Paños
- ✓ Recipientes graduados
- ✓ Soda cáustica
- ✓ Agua
- ✓ Escobillas

## E. OBSTRUCCIÓN DEL ATOMIZADOR

- ✓ Guantes para protección de calor
- ✓ Cocinilla
- ✓ Fósforos o encendedor
- ✓ Agua
- ✓ Jeringas
- ✓ Guantes
- ✓ Alambres
- ✓ Papel absorbente

## ANEXO 7. ANÁLISIS DE ECONÓMICO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE FRÍO Y SUS EFECTOS EN LA FACTIBILIDAD ECONÓMICA DEL PROYECTO DE INNOVACIÓN.

### (RESULTADO 2.1)

En el presente anexo se procederá a realizar el análisis económico-financiero de la implementación del prototipo de cristalización de grasa para evaluar los efectos en la factibilidad económica del proyecto.

No obstante es relevante aclarar que el objetivo del prototipo es fundamentalmente determinar parámetros técnicos para el diseño la cámara de atomización externa proyecto y cristalización en frío para la obtención de grasa en polvo, por lo tanto los resultados de operación del prototipo, no son eficientes del punto de vista económico y no son extrapolables al modelo semi-industrial en su totalidad.

En este sentido, este análisis comienza con la comparación de los productos a obtener en términos de perfil de aminoácidos y por ende la calidad del producto, para luego realizar una estimación de los costos de obtención del producto para estimar la factibilidad económica de la implementación de la tecnología de cristalización en frío en comparación con la tecnología de secado por calor.

El indicador que se utilizará es la rentabilidad por kilo de grasa producida en comparación a un producto de la competencia.

#### 1. COMPARACIÓN DE PRODUCTOS

A continuación se comparan los perfiles de ácidos grasos del producto que se obtendrá de la cristalización para hembras gestantes-lactancia y uno de la competencia con el mismo uso:

Tipos de ácidos grasos	Producto grasa GO en polvo cristalizada (%)	Producto anónimo comercial con grasa secada por calor (%)
Ácidos grasos saturados	80%	94%
Ácidos grasos monoinsaturados	9%	1%
Ácidos grasos insaturados	10%	5%

Sin duda la composición del producto de grasa cristalizada, enriquecida con Omega 3, es de mejor calidad por la menor cantidad de ácidos grasos saturados y la mayor cantidad de insaturados.

Además en el caso de la grasa cristalizada su presentación es en polvo y la grasa secada por calor es en escamas.

Tanto la composición como su presentación influye en la calidad y resultados en la incorporación en las dietas de los cerdos, porque una grasa con menos ácidos grasos saturados y con una presentación en polvo tendrá una mayor digestibilidad y mayores efectos en los parámetros productivos en lechones, en comparación a la grasa en escamas y con alta concentración de ácidos saturados.

En consideración a estas características, se descarta este producto de la competencia para la comparación económica, porque sus características nutricionales son muy distintas.

Por esta razón, se procede a realizar el análisis económico comparativo con un suero engrasado con una grasa de similares características a la que tendrá el producto del proyecto FIA.

## 2. INVERSIÓN

La Inversión requerida para la implementación del prototipo incluye los siguientes ítems:

ITEM	MONTO (\$)
Adaptación de torre de secado Spray NIRO:	\$ 3.824.800
Diseño e instalación de sistema de frío:	\$ 2.320.500
Traslado de equipos e instalación eléctrica	\$ 1.273.300
Asesoría de parámetros de cristalización de grasa	\$ 600.000
Gastos varios (insumos para la puesta en marcha)	\$ 150.000
<b>Total inversión de instalación de prototipo</b>	<b>\$ 8.168.600</b>

## 3. COSTOS DE OBTENCIÓN DE GRASAS DE SIMILARES CARACTERÍSTICAS

Para analizar la conveniencia económica se analizará el precio de grasa secado por calor para determinar el máximo factible como costo del proceso de cristalización en frío.

La idea es lograr una grasa de similares características en ambos procesos, esto es con 80% de ácidos grasos saturados, 9% de ácidos grasos monoinsaturados y 10% de ácidos grasos insaturados.

### 3.1 Secado por calor:

Dado que el proceso de secado por calor tiene la restricción del porcentaje de grasa que se puede incorporar a la mezcla a secar de hasta un 35%, para evitar procesos de autocombustión.

Hasta hace un tiempo era factible encontrar un producto denominado "suero engrasado" que contenía un 35% de grasa y cuyo precio era de \$ 880/Kg.

#### a) Valorando cada ingrediente

Si se considera que el valor del suero es de \$ 650/kilo, se puede inferir que:

$$\$ 650 \times 0,65 = \$ 422,50 \text{ es el costo de suero de este producto.}$$

:

Por tanto si el resto es grasa el costo de la grasa sería

$$\$ 880 - \$ 422,5 = \$ 457,5 \text{ por 350 gramos de grasa, por tanto}$$

$$\$ 457,5 / 0,35 = \mathbf{\$ 1.307,1 \text{ Kilo de grasa (100\% grasa)}}$$

#### b) Estimando el costo de producción

Si el valor del producto es de \$880/kg, se supone que el margen de utilidad es del 35%, por tanto:

$$\$ 880 \times 0,65 = \$ 572 \text{ costo de producción de 350 gramos de grasa, en un producto que lleva adicionalmente suero.}$$

Por tanto para obtener un kilo de grasa:

$$\$ 572 / 0,35 = \$ 1.634,3 \text{ costos de Kilo de grasa (100\% grasa)}$$

Por tanto si la grasa seca por calor tiene un precio que varia entre \$ 1.307 y \$ 1.634, su promedio es de \$1.470, 5/kg, y la materia prima (grasa pastosa) tiene un valor de \$650/kg, entonces el costo máximo del proceso de cristalización, considerando que:

- 35% de margen
- 2% mermas de producto en proceso y comercialización
- \$ 15 pesos costo de envase por kilo

Entonces, debería ser:

$$(\$1.401/\text{kg} * 0,65) - (\$1.401/\text{kg} * 0,02) - \$15 / \text{kg} - \$650 = \mathbf{\$216/\text{kg} \text{ costo de operación proceso de cristalización}}$$

Por tanto el costo de operación máximo por kilo de grasa cristalizada debería ser de \$ 216 para ser comparable a un producto secado por calor que se comercializa a un 35% de concentración. Es decir si el costo de operación de la cristalización es menor a \$ 216/kg la producción de grasa en polvo a través de este método será rentable.

Finalmente si se considera que el precio de venta es de \$1.401/kg y el margen de utilidad es del 35%, entonces se la utilidad por cada kilo es de:

$$\$ 1.401 \times 35\% = \$490.$$

Si la inversión realizada en el prototipo asciende a \$ 8.168.600, entonces se requiere producir:

$$\$ 8.168.600 / \$ 490 = 16.670 \text{ kilos de grasa}$$

Por tanto si el rendimiento del equipo prototipo es de 8 kilos por cada hora, entonces:

$$16.670 \text{ kilos} / 8 \text{ Kg/hr} = 2.083 \text{ horas}$$

$$2.083 \text{ horas} / 40 \text{ horas semanales} = \mathbf{52 \text{ semanas}}$$

Por tanto en el plazo de un año (52 semanas) se habrá pagado la inversión realizada en la adaptación a frio del prototipo, en términos aproximados, considerando una operación de 40 horas semanales del equipo.

**ANEXO 8. FOTOGRAFÍAS DE CAMARA DE ATOMIZACION POR DISCO Y CRISTALIZACION FUNCIONANDO.**



Vista general de la torre de secado



Vista lateral torre de secado, puerta y cámara



Vista interior de la torre y del atomizador



Vista parte superior de la torre con bomba de entrada a la torre



Chimenea de la torre. Por donde se evapora el contenido de humedad que poseen las muestras



El ciclón de la torre, que cumple como función separar las partículas de acuerdo al tamaño.



Cambio de manómetro (medidor de presión) de la torre de secado



Cambio de panel de análogo a digital de La torre de secado

## **ANEXO 9. INFORME DE DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE BALANCE TÉRMICO Y DE OPERACIÓN PARA EL DISEÑO DE LA PLANTA A ESCALA SEMI-INDUSTRIAL.**

- a. Informe de comportamiento térmico en muestra de mezclas de aceite enriquecido con omega 3. Dr. Angel Leiva. Profesor de la Fac. de Química de la PUC.
- b. Informe de parámetros de operación para el diseño de la planta a escala semi-industrial

### **Comportamiento Térmico de Muestra de Omega3**

#### **(Alkitol R15 desodorizado)**

Dr. Angel Leiva Campusano

Profesor Asociado

Departamento de Física-Química

Facultad de Química

Pontificia Universidad Católica de Chile

En este estudio se realizó una caracterización del comportamiento térmico de una muestra de aceite omega 3 (ALKITOL R15 DESODORIZADO). La caracterización se realizó por las técnicas de análisis termo-gravimétrico TGA, calorimetría diferencial de barrido DSC y viscosimetría; las tres técnicas fueron realizadas a presión atmosférica en aire.

#### **Análisis Termo gravimétrico**

Para conocer la estabilidad térmica de la muestra, esta fue sometida a un calentamiento de 20 °C/min entre el intervalo de temperaturas 25 a 900 °C. El termograma respectivo se muestra a continuación.

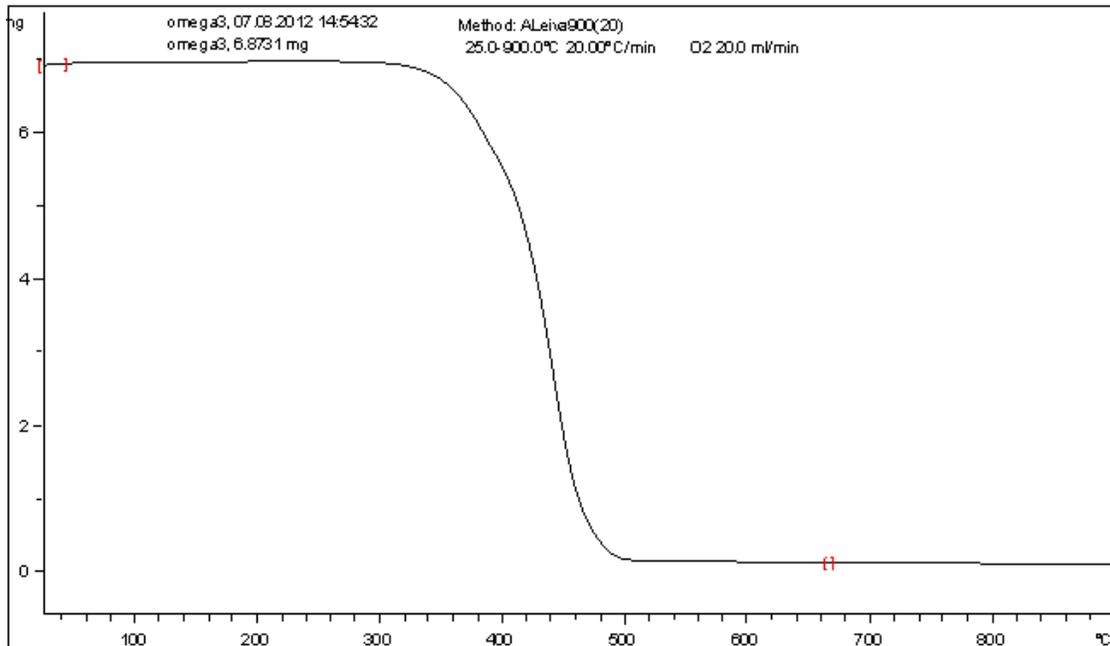


Figura 1.- Perfil de degradación térmica de Aceite Omega3

De este termograma se desprende que el aceite es estable hasta **320 °C**, temperatura a la cual comienza su descomposición. Alrededor de **480 °C** la descomposición es total.

La misma observación se puede hacer analizando la curva diferencial que se muestra a continuación.

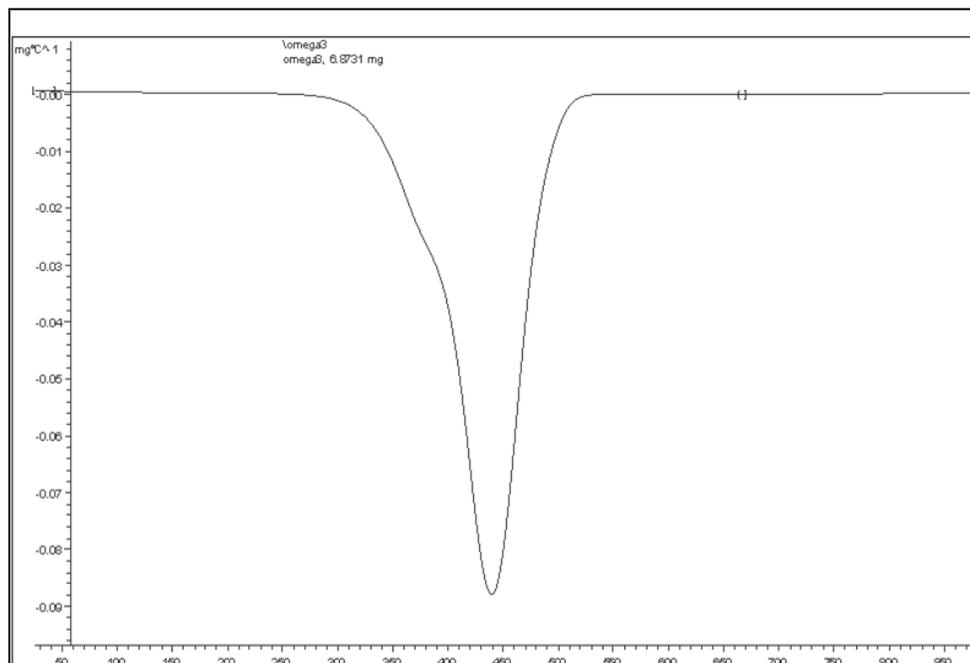


Figura 2.- Análisis diferencial de perfil de degradación térmica de Aceite Omega3

La información adicional que muestra este análisis diferencial, es que la máxima velocidad de degradación se alcanza alrededor de los 440 °C.

### Análisis por Calorimetría Diferencial de Barrido DSC

Con la finalidad de determinar las temperaturas de equilibrio de fases de fusión y cristalización se realizaron ensayos DSC entre diferentes intervalos de temperatura y a diferentes velocidades de calentamiento y enfriamiento. El intervalo de temperaturas que permitió una adecuada determinación de los puntos de fusión y de cristalización fue entre -50 y 50 °C.

El siguiente termograma muestra los resultados obtenidos al realizar el siguiente programa de barrido de temperaturas:

- 1- Etapa de enfriamiento desde 25 °C a -50 °C a una velocidad de 10 °C/min.
- 2- Etapa isotérmica a -50 °C durante 5 minutos.
- 3- Etapa de calentamiento entre -50 y 50 °C a una velocidad de 10 °C/min.
- 4- Etapa isotérmica a 50 °C durante 5 minutos.
- 5- Etapa de enfriamiento desde 50 a -50 °C a una velocidad de 10 °C/min.

De estos termogramas se obtiene una temperatura de cristalización correspondiente al máximo de la señal exotérmica a **-7.82 ± 0.10 °C** y una temperatura de fusión correspondiente al valor mínimo de la señal endotérmica de **-3.71 ± 0.10 °C**.

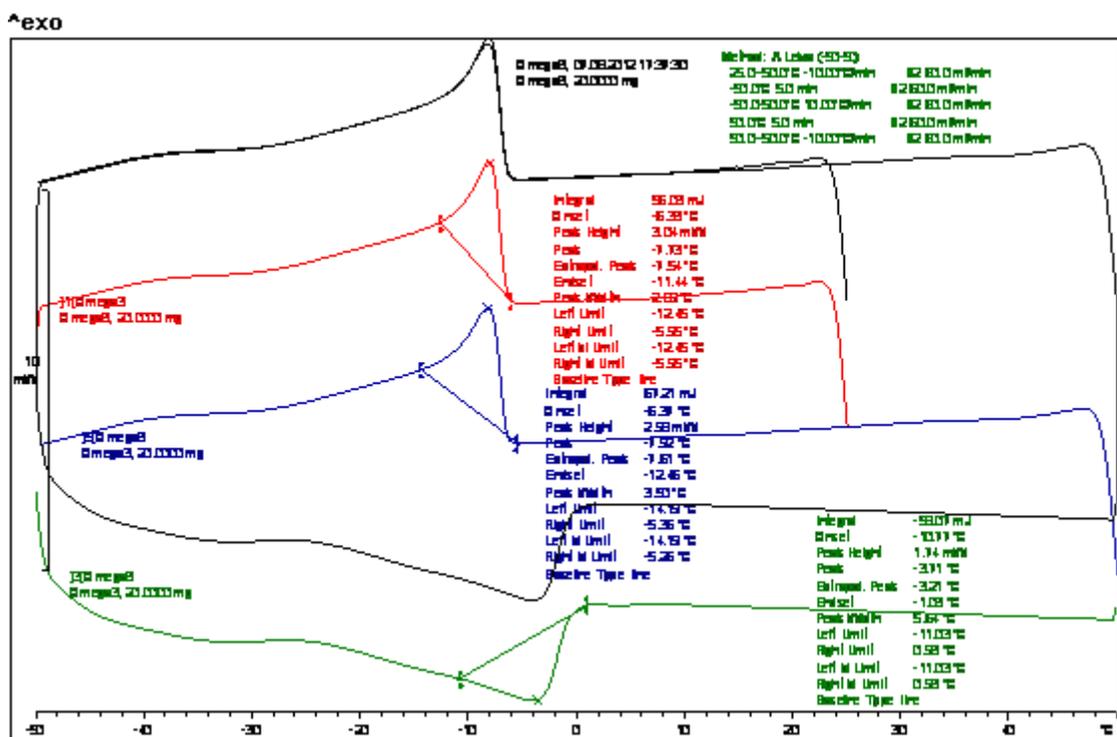


Figura 3.- Calorimetría diferencial de barrido a 10 °C/min.

Con la finalidad de evaluar el efecto de la velocidad de enfriamiento y calentamiento sobre las temperaturas de fusión y cristalización, se repitieron los ensayos a una velocidad de 5 °C/min, tanto para la etapa de enfriamiento como para calentamiento. Los resultados se muestran en los siguientes termogramas.

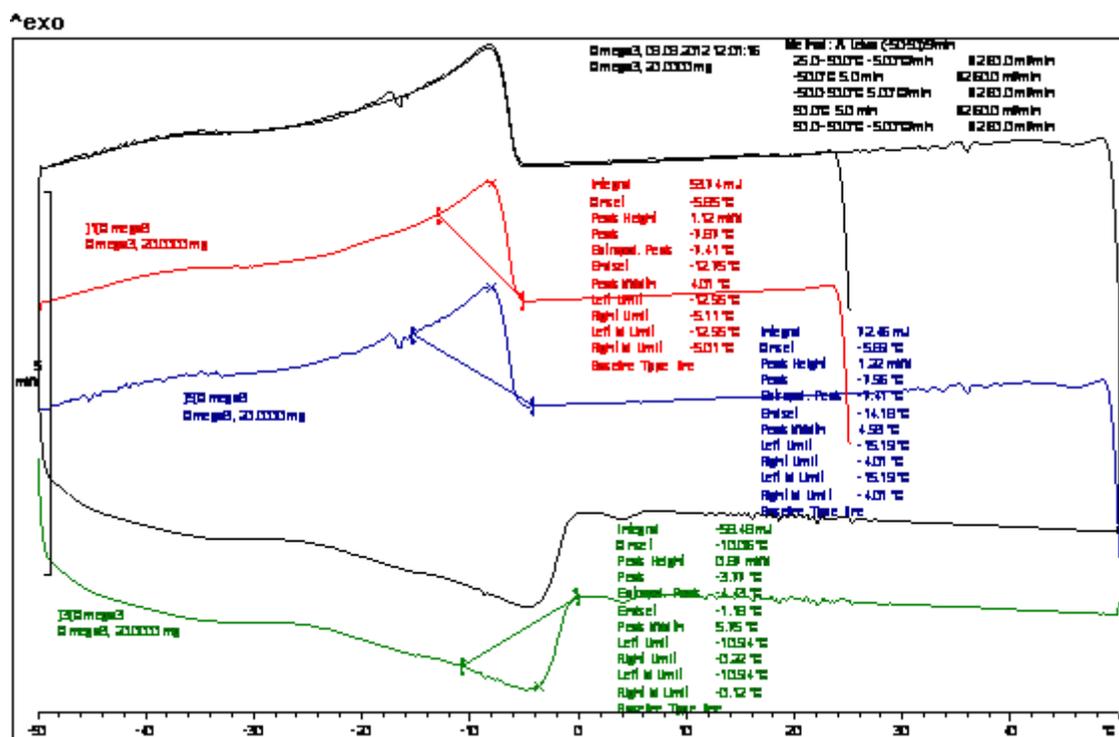


Figura 4.- Calorimetría diferencial de barrido a 5 °C/min.

Las temperaturas de cristalización y fusión obtenidas, fueron  $-7.90 \pm 0.10$  °C y  $-3.77 \pm 0.10$  °C respectivamente.

Estos resultados nos permiten inferir que el efecto de la velocidad de calentamiento y enfriamiento tiene un mínimo efecto sobre las temperaturas de fusión y cristalización del aceite, menor a 0.1 °C en ambos casos.

### Estudio viscosimétrico

Una propiedad importante de los aceites en su comportamiento como fluido es la viscosidad, parámetro muy importante por ejemplo a la hora de diseñar reactores. Dada la alta dependencia de la viscosidad con la temperatura, se estimó conveniente realizar el estudio de la variación e interdependencia de estas.

La siguiente Tabla muestra los datos obtenidos para la viscosidad a distintas temperaturas en el intervalo de 21.0 a 62.5 °C. Como es de esperar la viscosidad disminuye drásticamente con la temperatura tal como se puede observar en el gráfico mostrado en la Figura 5.

La viscosidad disminuye prácticamente a la mitad cuando la temperatura se incrementa en aproximadamente 20 °C.

Tabla 1.- Viscosidad (centi Poise) del aceite Omega3 a distintas temperaturas.

Temperatura °C	Viscosidad cP
21,0	54,1
22,7	50,1
24,9	45,9
26,6	43,4
29,0	40,1
32,0	35,6
34,0	33,6
36,0	31,1
38,0	29,1
40,0	28,1
42,0	26,1
45,0	24,5
50,8	22,0
54,9	19,5
58,2	17,5
61,0	17,5
62,5	18,0

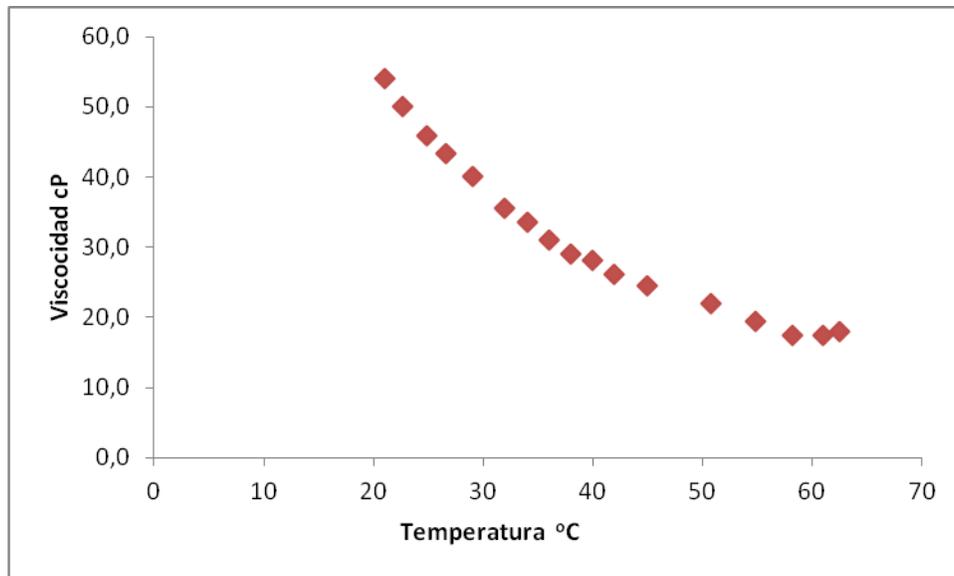


Figura 5.- Variación de la viscosidad como función de la temperatura para aceite Omega3

## **ANEXO 10. INFORME TECNICO EQUIPO ENFRIADOR PARA PROCESO DE CRISTALIZACION**

**INTRODUCCION.**- Para realizar el proceso de cristalización de aceites en régimen de frío, se opta por trabajar con una planta piloto, a fin de obtener datos que permitan determinar las condiciones reales de este proceso y la factibilidad técnico-económica de implementar este equipo como un proceso productivo a mayor escala.

Es importante en esta etapa poder tener una aproximación al costo del proceso. Inicialmente se había considerado un proceso en el cual el aire era sometido a un proceso de enfriamiento, luego ingresaba al equipo absorbiendo calor y enfriando este aceite pulverizado a fin de llevarlo a una temperatura de cristalización, luego este aire salía del equipo.

**ANTECEDENTES.**- Inicialmente se pensó en diseñar un equipo industrial con aire que ingresaba al equipo a aproximadamente 5°C, se producía el intercambio de calor entre el aire que ingresaba y el aceite, enfriándose el aceite y produciéndose la condición de cristalización y calentándose el aire, luego el aire era evacuado del equipo, tomándose otro aire. Este proceso se realizaría de manera continua.

Inicialmente se trabaja con un equipo de marca NIRO que posee la facultad de Agronomía y que se realizó un overhool. Durante las pruebas se detectó que el caudal de aire era bajo, motivo por el cual el personal que realizó este trabajo sugirió modificar el ventilador aumentando su espesor y por lo tanto el caudal.

El costo de implementación era alto al trabajar con aire perdido y el costo de operación con nuestros valores de la energía eléctrica muy altos (obtención en parte en plantas térmicas), por lo que nos ponían un grave inconveniente a la factibilidad técnico-económica del proyecto.

Por este motivo, como asesor técnico de Don Francisco López, se analizó el proyecto desde el punto de vista del proceso de enfriamiento y se presentó la alternativa de trabajar con aire recirculado.

A fin de tener una menor inversión se propuso el arriendo de un equipo mientras se realizaban las pruebas durante un mes. A partir de los nuevos datos del equipo NIRO, se realizan los cálculos que permiten diseñar el equipo de enfriamiento para esta aplicación y así obtener los datos y trabajar con algunas variables.

El equipo consiste en un sistema de refrigeración diseñado para este proceso. El diseño consideró el caudal de aire mejorado y se realizó una estimación de las ganancias de calor debidas al ambiente y al aceite que ingresa al equipo. Trabaja como un ciclo de refrigeración mecánica y para permitir más variable de ensayo, se utilizan dos unidades condensadoras que pueden trabajar con refrigerantes diferentes, de tal forma de poder determinar costo energético de este proceso.

Un sistema va a trabajar con el refrigerante R – 134<sup>a</sup> que se caracteriza por ser ecológico de acuerdo a los criterios ambientales, trabaja a presiones menores y permite tener un menor consumo energético, pero presenta el inconveniente de tener una menor potencia frigorífica (es usado en refrigeración doméstica y automotriz)

El otro sistema va a trabajar con el refrigerante R – 507 que se caracteriza por ser ecológico de acuerdo a los criterios ambientales, trabaja a presiones mayores y permite tener un mayor consumo energético, presenta la ventaja de tener una mayor potencia frigorífica, es más usado en refrigeración industrial.

Esto permite realizar un control de capacidad a menores costos, debe ser considerado en el diseño final de la planta industrial, por ser las condiciones exteriores muy variables durante las 24 horas y durante el año.

Ambos equipos trabajan con el evaporador que realiza el enfriamiento del aire, como las condiciones de operación son las mismas, es posible realizar posteriormente la comparación de estos dos refrigerantes y luego trabajar con el que presente mejores condiciones en esta aplicación.

El aire que ingresa al equipo es enfriado en el evaporador, luego pasa a través de un filtro e ingresa por la parte superior del equipo, junto con el aceite que es pulverizado por el equipo de inyección, se logra con esto una mezcla que facilita el intercambio térmico entre el aceite y el aire, ambos tienen un flujo descendente debido a la succión producida por el ventilador del equipo. Producto de este enfriamiento y el menor tamaño de la partícula por la acción de la boquilla de pulverización que trabaja a una alta velocidad, se produce la cristalización del aceite, el aire pasa luego a través de un filtro del tipo ciclón el cual separa el aire del polvo, este aire es impulsado por el ventilador y sacado del equipo NIRO. Como se trata de un circuito cerrado desde el punto de vista del aire, este vuelve al evaporador, donde mediante ventiladores se vence la pérdida de carga producida por estos intercambiadores de calor y los ductos de transporte del aire.

Se pueden obtener de esta manera diferentes condiciones de operación, cambiando la temperatura de operación dentro de un rango.

Con los diferentes valores que se pueden obtener experimentalmente, es posible determinar las potencias y diseñar un equipo para aplicación industrial, si es que la factibilidad técnico económica así lo amerita.

Mario Carmona Collao

Ing. Ej. Calefacción, Refrigeración y A.A

Universidad Técnica del Estado



## **ANEXO 12. ANÁLISIS DE REGISTROS EQUIPO PARA FABRICAR GRASA.**

La producción de grasa en polvo se realiza a través de un proceso que básicamente involucra diferenciales de temperaturas entre la grasa misma antes de ser procesada y el ambiente en que se deposita. Es por esto que para llevar a cabo todo el procedimiento es necesario poner especial atención a estas temperaturas y los manejos que se deben realizar al momento de trabajar con los equipos NIRO y de frío.

A la hora de poner en marcha el equipo NIRO y el equipo de frío existen varios factores que podrían alterar el correcto funcionamiento de estos, y por lo tanto obteniendo por resultado una grasa que no haya quedado perfectamente cristalizada o incluso sin obtener producto por alguna obstrucción.

Dentro de estos factores se pueden considerar con una gran importancia la temperatura que se registre en los diferentes compartimientos de los equipos y ambiente.

La temperatura ambiental podría influir en las temperaturas que se obtengan en la entrada y salida del equipo de frío. Esta misma también podría ser determinante en el tiempo en que se demore en llegar a las temperaturas deseadas.

La temperatura de salida es una consecuencia de la temperatura de entrada, ya que la primera va disminuyendo a la segunda. Estas temperaturas podrían impactar sobre el objetivo final del equipo, ya que es esta condición la que induciría la cristalización del producto, y por lo tanto si no es la adecuada no se formaría un producto de buena calidad.

La temperatura que presente la grasa con la que se trabaje también podría ser de gran importancia para obtener un producto de calidad. Lo anterior se basa en que el producto debe estar lo suficientemente caliente para atravesar los pequeños orificios del atomizador y caer en la cámara, para que con el golpe de frío que ahí recibe, se logre cristalizar.

### **RESULTADOS**

#### **ENSAYOS CON CRISTALIZACIÓN DE GRASA**

En base a los que ha sido registrado, la temperatura de grasa más baja en que se introdujo sin generar problemas fue de 78°C, registrándose una T° Ambiental de 33,5°C, siendo una de las más altas, y T° Entrada de 6°C.

Por otro lado, de acuerdo a lo registrado en una prueba que se finalizó exitosamente y se procedió de inmediato a enfriar el equipo, en un minuto se disminuyó la misma temperatura que antes se disminuyó en 4 minutos aproximadamente.

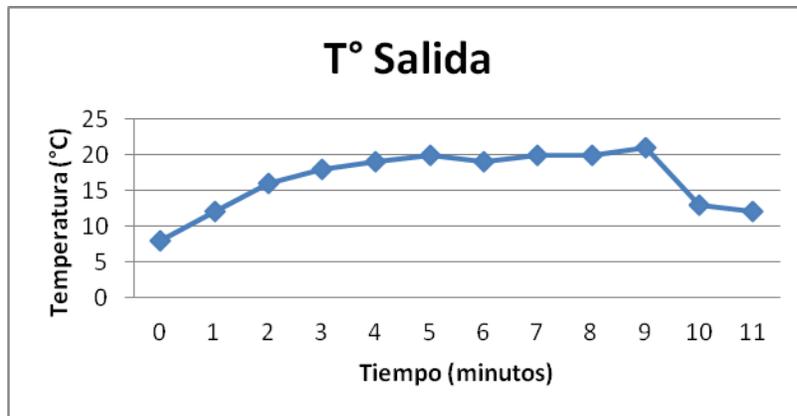


Figura 1. Variación de temperatura de salida del equipo en el tiempo.

#### ENSAYOS SIN INCORPORACIÓN DE GRASA

En cuanto a las pruebas que se realizaron sólo para determinar el tiempo en que el equipo logra llegar a las temperaturas óptimas, se observó que en 30 minutos el equipo de frío fue capaz de disminuir una temperatura ambiental de 15°C aprox. a una T°E de -9°C y una de salida de -3°C. En cambio cuando se analizan temperaturas ambientales alrededor de los 22°C, con 30 minutos transcurridos se llega a una T°E de -5°C aprox. y una de salida de 1°C. Esta información se resume en la siguiente tabla.

30 minutos		
<b>T° Ambiental</b>	15°C	22°C
<b>T° Entrada</b>	-9°C	-5°C
<b>T° Salida</b>	-3°C	1°C

Tabla 1. Variación de las temperaturas ambiental, entrada y salida del equipo promedio en 30 minutos

En general, independiente de la temperatura ambiente inicial en que el equipo comenzó a enfriar, la disminución se comportó de manera aproximadamente exponencial.

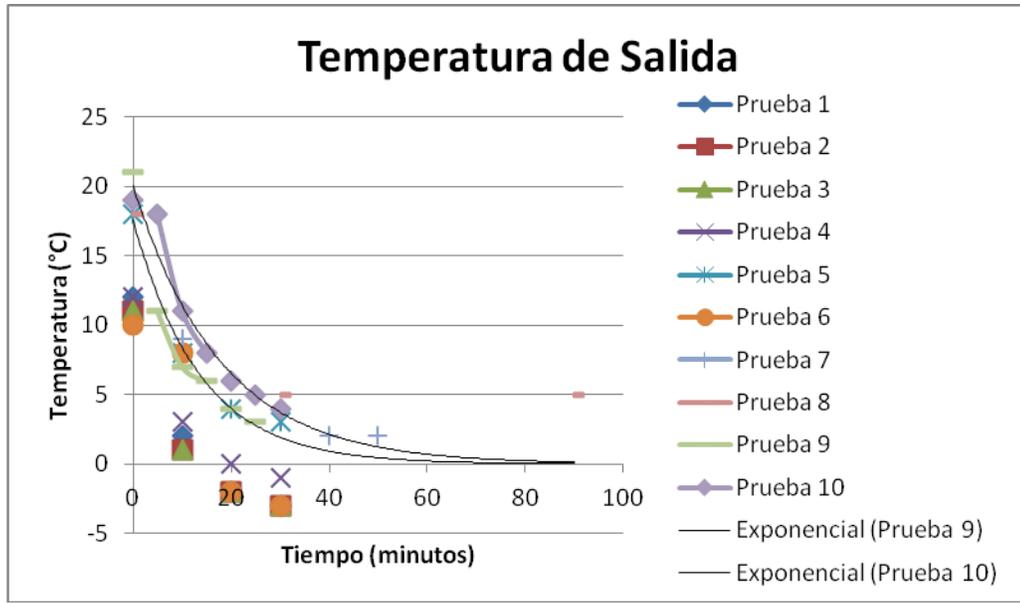


Figura 2. Comportamiento de la temperatura de salida desde el momento de iniciar a enfriar el equipo hasta lograr la temperatura deseada.

**ENSAYOS CON GRASA SIN ÉXITO**

Por otro lado, se tiene el registro de dos pruebas en que se introdujo el producto al atomizador y se solidificó la grasa, provocando la congestión. Para la primera de ellas los registros fueron medidos en la jornada de la mañana antes de haber introducido la grasa. A continuación se presentan:

<b>Temperatura Grasa</b>	82°C
<b>Temperatura Ambiente</b>	25°C
<b>Temperatura Entrada</b>	-3°C
<b>Temperatura Salida</b>	2°C

Tabla 2. Registro de temperaturas de grasa, ambiente, entrada y salida de un ensayo sin éxito.

Es probable que haya sido inducido el error por algún factor externo a las temperaturas, ya que al ser comparada con otras pruebas se vio que bajo peores condiciones que las de la prueba errónea se logró el objetivo final. Puede haberse debido a la solidificación de la espuma dentro de la manguera.

Para el segundo registro sin éxito, los registros fueron medidos luego de haber introducido la grasa durante la jornada de la mañana (menor temperatura que en la de la tarde) y se presentan a continuación:

<b>Temperatura Grasa</b>	60
<b>Temperatura Ambiente</b>	18
<b>Temperatura Entrada</b>	-5 (25 min de haberla introducido)
<b>Temperatura Salida</b>	0 (45 min de haberla introducido)

Tabla 3. Registro de temperaturas de grasa y ambiente, y de entrada y salida luego de haber introducido la grasa al equipo de un ensayo sin éxito.

Es probable que haya fallado por la baja temperatura de la grasa al momento de introducirla al atomizador (60°C), ya que al comparar las demás temperaturas (ambiental, de salida y de entrada) estaban en rangos en que se funcionaba sin problemas.

## CONCLUSIONES

### ENSAYOS CON CRISTALIZACIÓN DE GRASA

De acuerdo a los resultados obtenidos, es posible concluir que la temperatura ambiental no es el principal factor que determinará el éxito o fracaso de la cristalización de la grasa, sino más bien, se debe poner especial cuidado en la temperatura que la grasa presente al momento de ser introducida en el atomizador. Agregando a lo anterior la experiencia con el equipo, se podría concluir también que el mayor cuidado y meticulosidad no se debe poner en las diferentes temperaturas, a pesar de ser importantes, sino que en otros manejos que se les debe hacer al equipo, por ejemplo el grado de apertura de la llave al introducir la grasa, la limpieza que las partes del equipo tengan, mala elección de las potencias del atomizador, entre otras.

Es importante destacar también que cuando el equipo ya realiza el ciclo completo cristalizando la grasa y el ventilador no es interrumpido y continúa enfriando, la velocidad con que se logra las temperaturas óptimas es mayor, sin embargo esto puede deberse también a que la temperatura de entrada ya está más baja en comparación a cuando se enciende el equipo por primera vez.

### ENSAYOS SIN INCORPORACIÓN DE GRASA

La temperatura ambiental, por lo visto realmente es determinante para las temperaturas finales de entrada y salida, y para el tiempo en que tarde en llegar a estas. Además, esta disminución ocurre en los primeros minutos de forma más rápida, y una vez que alcanza una cierta temperatura el tiempo que debe transcurrir para bajar 1°C es mayor.

## RECOMENDACIONES

Como se vio, las temperaturas juegan un rol importante en el proceso de la cristalización de la grasa, pero también es sumamente relevante seguir paso a paso el protocolo, ya que los manejos que se deben hacer a la hora de preparar el producto, el correcto funcionamiento del equipo determinarán el resultado final y son bastante sensibles muchos de los procesos. No hay que dejar de lado tampoco el cuidado y seguridad de todo el personal que trabaje realizando este proceso,

ya que existen varios puntos que atentan contra la seguridad del mismo, por lo que lo principal está en prevenir los accidentes y respetar las normas que el protocolo muestra.

#### CARACTERÍSTICAS DE LA GRASA ELABORADA EN POLVO.

La grasa base utilizada como insumo para la elaboración la grasa en polvo es de origen vegetal, en un 100%.

Por análisis estereoquímica de la grasa por el tipo de triglicéridos presentes, pudiendo encontrarse entre un 88 a un 90% de gramos de ácidos grasos por un gramo de grasa. El porcentaje restante corresponden al glicerol.

En el caso de la grasa enriquecida con Omega 3, se incorporara en forma de aceite de pescado en una proporción de 15 %, y el aceite de pescado tiene un 30% de EPA y DHA, por tanto en el caso de preparar

### ANEXO 13. RESULTADOS ANÁLISIS QUÍMICOS DE COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS.

La adición de grasa en los animales se realiza principalmente para aumentar la densidad energética de la dieta. Además, los lípidos en la dieta facilitan la agregación de partículas, aportan ácidos grasos esenciales y vitaminas liposolubles y también se agregan para disminuir el polvo que se desprende al manejar grandes volúmenes de alimento en polvo dentro de la fábrica de alimentos.

La grasa puede ser de origen animal o de origen vegetal. Los cerdos tienen un metabolismo particular y distinto al de rumiantes y aves, ya que depositan la grasa dietética de manera tal como la consumen.

Tal como se desarrolla en el anexo 15., los ácidos grasos esenciales cumplen funciones únicas y vitales y deben entregarse en la dieta ya que algunos animales no son capaces de sintetizarlos. Dentro de las funciones, los  $\omega$ -3 que se almacenan en las membranas celulares, desempeñan dos funciones tales como ser componentes estructurales y sustratos para la producción de eicosanoides, como las prostaglandinas (PGE), tromboxanos (TX) y leucotrienos (LT). Aumentan la respuesta inmune en su progenie, disminuye la mortalidad pre-destete y aumenta el peso de la camada al destete. Además, en las madres suplementadas con omega 3, se ha encontrado una menor pérdida de peso durante la lactancia (Quiles y Hevia)

Fuente: Quiles, A. y Hevia, M.L. Departamento de Producción Animal. Facultad de Veterinaria. Universidad de Murcia.

Tabla 8.1. Composición de ácidos grasos en la leche y calostro de la cerda así como en un producto que se comercializa en nuestro país.

	Nombre	Leche cerda <sup>1</sup>	Calostro cerda <sup>1</sup>	Producto competencia <sup>2</sup>
C4:0	Butírico	-	-	-
C6:0	Caproico	-	-	-
C8:0	Caprilico	-	-	0.4
C10:0	Caprico	0.2	-	0.4
C12:0	Laurico	0.3	-	3.4
C14:0	Mirístico	3.3	1.4	2.4
C16:0	Palmítico	30.3	22.5	56.1
C16:1	Palmitoleico	9.9	5.0	-
C18:0	Esteárico	4.0	5.7	7.9
C18:1, w9	Oleico	35.3	41.7	20.9
C18:2, w6	Linoleico	13.0	20.9	6.2
C18:3, w3	Linolénico	2.5	2.4	0
C20:0	Araquídico	-	-	0.6
No identificados		0.7	0.3	2.0
Cadena impar y ramificada		0.5	0.1	-

Cuando se requiere diseñar la composición ideal de una grasa, se debe tomar en cuenta primeramente los requerimientos de los animales en cuestión. En este proyecto se ha propuesto

como objetivo específico (OE 5) crear una grasa en polvo, a partir de una mezcla de aceites vegetales, y aceite de pescado de modo que al ser cristalizada se obtenga una grasa enriquecida con omega 3 (EPA y DHA). Adicionalmente, se agrega un emulsificante para mejorar la mezcla del producto, en este caso se seleccionó Lecitina de soya líquida.

## **ANEXO 14. INFORME DE MÉTODO Y RESULTADO DE OBTENCIÓN DE GRASA EN POLVO CON DISTINTAS CONCENTRACIONES DE ÁCIDOS GRASOS OMEGA 3 OBTENIDAS A TRAVÉS DE ATOMIZACIÓN EXTERNA Y CRISTALIZACIÓN EN FRÍO.**

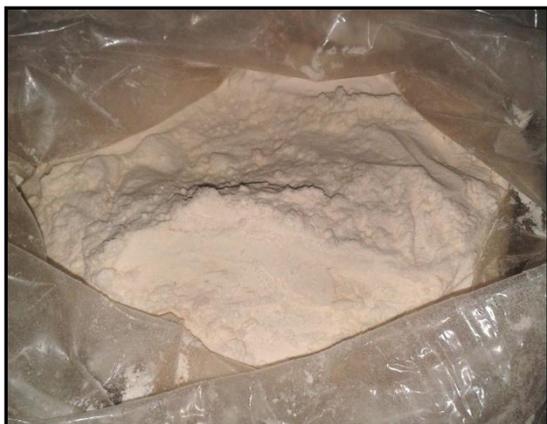
Desde el mes de agosto del año 2012 se comenzaron a realizar pruebas en la máquina para cristalizar grasa y obtener como producto grasa en polvo. Las diferentes pruebas realizadas y obtención de producto final se separan en 3 etapas.

### **ETAPA 1: Síntesis de grasa en polvo**

#### **Agosto – Septiembre 2012**

Inicialmente, se utilizó como materia prima grasa Zamrog polienergía cerdos, adquirida en la empresa SPES. Las diferentes pruebas consistieron en realizar combinaciones entre las distintas variables del equipo: temperatura de entrada de aire, temperatura de salida de aire hacia la cámara, temperatura de grasa líquida, velocidad de pasaje de la grasa hacia la cámara y RPM del atomizador. Cuando se logró obtener un producto deseado (Fig. 1) cuyas características eran partículas sólidas de tamaño muy pequeño y que no se apelmazara, se dio paso a la siguiente etapa.

Figura 1. Grasa en polvo



### **ETAPA 2: Inclusión de aceite**

#### **Septiembre – Noviembre 2012**

La etapa 2 consistió en combinar distintos porcentajes de la grasa Zamrog con aceite Omega-3 18/12, también adquirido en la empresa SPES. Esta inclusión tiene por objetivo obtener un

producto rico en los ácidos grasos poliinsaturados EPA y DHA, para su posterior utilización en alimentación cerdas en gestación y lactancia.

Al igual que en la etapa 1, se realizaron distintas pruebas (Fig. 2) para lograr obtener un producto con las características ya mencionadas. Sin embargo, la grasa en polvo que se obtuvo se apelmazaba. Como solución a esto se procedió a realizar pruebas con diferentes dosis de inclusión de lecitina de soya a la mezcla de grasa y aceite. La lecitina de soya, es un compuesto derivado de la soya que ayuda a la emulsión de grasas y estabilización de emulsiones. Mediante la inclusión de este producto, se logró conseguir una grasa en polvo similar a la lograda en la etapa 1.

Finalmente, se establecieron los porcentajes máximos de inclusión de aceite y los necesarios de lecitina de soya y grasa Zamrog para obtener un producto consistente con los objetivos de suplementación posterior en animales.

Figura 2. Muestras de las diferentes pruebas realizadas



### ETAPA 3: Síntesis del producto

**Noviembre 2012 – Enero 2013**

La tercera etapa consistió en la síntesis de la grasa en polvo necesaria para las pruebas que se realizarán posteriormente en animales. En esta etapa se realizaron dos productos cuyas características se resumen en la tabla 1.

**Tabla 1: Composición producto final obtenido y kilogramos producidos**

Producto final	Grasa Zamrog	Aceite Omega-3 18/12	Lecitina de Soya	Kilogramos producidos
Grasa en polvo				
Mezcla 1	95%	0%	5%	68.87
Mezcla 2	80%	15%	5%	71.18

La grasa correspondiente a la mezcla 1, se realizó entre el 22/11/2012 de y el 04/12/2012. La grasa correspondiente a la mezcla 2, se sintetizó entre el 05/12/2012 y el 04/01/2013. Inicialmente, la grasa en polvo se fue realizando en partidas de 5kg, posteriormente esto se varía aumentando a partidas a 10kg para luego volver a 5kg. Esta información se detalla en la tabla 2.

Tabla 2. Kilogramos de grasa totales producidos diariamente y kilogramos por partida

	Kg totales producidos/ día	Kg por partida
<b>Mezcla 1</b>		
22/11/2012	10	5
26/11/2012	25	10
04/11/2012	33.87	10
<b>Mezcla 2</b>		
05/12/2012	10	10
06/12/2012	5	10
02/01/2013	10	5
03/01/2013	35	5
04/01/2013	11.18	5

Durante las etapas 1 y 2, correspondientes a pruebas, todas las partidas se realizaron con 5kg de grasa inicial. Por lo que, al comenzar la etapa 3, se continuó con esta cantidad. Sin embargo, el proceso era muy lento ya que entre cada partida es necesario un descanso del equipo para volver a una temperatura de entrada de aire ( $T^{\circ}$  de entrada) y una temperatura de la cámara ( $T^{\circ}$  de salida) adecuada. Se decidió probar si el equipo podía funcionar de manera adecuada haciendo partidas de 10kg, lo cual no presento problemas por lo que se continuó de esta manera, esto explica los diferentes niveles de producción entre cada día.

El día 27/11/2012, día posterior al aumento a partidas de 10kg, se produce la falla 1: "Atomizador deja de funcionar". Durante los días siguientes, se hace una revisión del equipo, determinando que la falla se produjo ya que el atomizador estaba tapado con grasa y se procede a limpiar. Luego de esto, el equipo vuelve a funcionar de manera normal y se continúan realizando partidas de 10kg. Al

segundo día de síntesis de grasa en polvo correspondiente a la mezcla 2, el equipo nuevamente comienza a funcionar mal y presenta la falla 2: "Ventilador tapado". Desarmando el equipo, se llega a la conclusión que la falla se debe a que las partidas de 10 kg, producen un reflujo de la grasa en polvo sintetizada ya que, el recipiente colector solo es capaz de recibir 5kg. Este reflujo hace que la grasa llegue al ventilador y se tapen los tubos de entrada de aire. Al no entrar aire y disminuir el vacío para que la grasa llegue al recipiente colector, la temperatura de la cámara aumenta y por lo tanto, no hay cristalización de la grasa líquida que está entrando. Como solución a esto, se procedió a limpiar completamente el equipo y volver a disminuir las partidas de grasa a 5kg. Posterior a este cambio no se presentaron más fallas y se terminó de manera óptima con la producción de grasa.

Diariamente la grasa obtenida, se almacenó en bolsas de 5kg y se etiquetó con la fecha de elaboración y composición.

## Anexo 15: Mercado cerdos para grasa en polvo período recría ( 22-70 días)

### Mercado cerdos para grasa en polvo período recría ( 22-70 días)

#### Indicadores productivos y reproductivos

---

Población actual hembras*	105000
Mercado potencial (35%)	36750
Mercado objetivo (35%)	36750
Pariciones (%)	91
N° partos	2,48
Lechones nacidos vivos/parto	11,4
Mortalidad maternidad/recría (%)	10,2
Hembras paridas	33443
Lechones nacidos vivos/parto	945486
Lechones destetados	849047
Consumo grasa lechones destetados (ton/año)	1273,57
(ton/mes)	106,13

#### Producto lechones Recría

	MV (kg)	Costo primo (\$)
Grasa cristalizada (40%)	0,400	500
Suero leche (52,84%)	0,528	316,8
ISP-95 (6,52%)	0,065	127,14
Subtotal		943,94
Operarios (3)		25
Pérdidas (3%)		28
Envase (\$ 18/kg)		18
Otros (5%)		46
Total		1060,94

Precio venta estimado: \$1460/kg (bolsa 25 kg)