



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias de la
Producción y de la Salud Animal

“Administración complementaria de calostro porcino o sustituto energético a lechones de bajo peso y su efecto sobre: mortalidad predestete, ganancia de peso en lactancia y presentación de diarreas”.

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE
MAESTRO EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

P R E S E N T A
ADRIÁN RODRÍGUEZ ALTAMIRANO

TUTOR PRINCIPAL
GERARDO RAMÍREZ HERNÁNDEZ, FMVZ.

COMITÉ TUTOR
ROBERTO GUSTAVO MARTÍNEZ GAMBA, FMVZ.
GERMÁN GÓMEZ TENORIO, UAEM.

MÉXICO, D.F.

FEBRERO 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedicatorias

A Carla con amor y agradecimiento por tu cariño, comprensión, apoyo y entusiasmo para cada proyecto que emprendo en mi vida.

A mis padres Arturo y Maru por estar conmigo en todo momento y a quienes agradezco su ejemplo de educación y responsabilidad.

A mi hermano Ángel por siempre brindarme tu apoyo, así como tu amistad, confianza y cariño.

A mis abuelos David[†] y Meche a quienes debo en gran medida mi formación personal y de quienes atesoro sus historias, ejemplo, consejos y enseñanzas.

A mis tíos para quienes guardo un profundo aprecio.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo otorgado para la realización de mis estudios de posgrado.

A mi querida Universidad Nacional Autónoma de México con profundo apego y amor, por mi formación profesional.

A mi Asesor Dr. Gerardo Ramírez Hernández por su paciencia y ayuda a lo largo de mis estudios de maestría, determinantes para poder finalizar con éxito este trabajo.

A los miembros del Comité tutor: Dr. Roberto Gustavo Martínez Gamba y Dr. Germán Gómez Tenorio, por sus observaciones y las sugerencias realizadas para la realización de este trabajo, así como todas sus atenciones y el apoyo que me han brindado.

A Don Ramón López Aguirre, al Lic. Sergio López Bañales y a todos los integrantes de *–Grupo RLA*” por todas las facilidades otorgadas para la realización de esta tesis, así como la oportunidad de continuar adquiriendo y desarrollando conocimientos y habilidades en producción porcina.

Al Ing. Julio Canal Hernando por las facilidades para la realización del trabajo que dio pie a este estudio y por las atenciones que ha tenido hacia mi persona.

A los MVZ Rubén Flores Álvarez y Luis Vázquez Hernández por su apoyo y la valiosa ayuda para la realización del trabajo experimental que dio origen a este trabajo.

A mis estimados amigos y compañeros de trabajo en la granja C-88 por su ayuda y cooperación en las actividades necesarias para este trabajo.

A mis amigos Nalleli, Mariana, Pamela, Mireya, Erandi, Rolando, Vero y Víctor, por su amistad y su apoyo en momentos decisivos de mi vida.

A todos los integrantes del Departamento de Medicina y Zootecnia de Cerdos por el apoyo que me han brindado y la formación recibida a lo largo de mi estancia en él.

A los cerdos, especie noble que brinda su vida para el beneficio de la nuestra. Con profundo respeto mi agradecimiento sincero.

Resumen

Se ha demostrado que el aumento en el tamaño de camada en cerdos está vinculado a: una disminución en el peso promedio al nacimiento, una mayor variabilidad del peso individual al nacer y aumento de la mortalidad predestete en animales de bajo peso. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la administración complementaria de calostro porcino o de un producto energético comercial a lechones de bajo peso (≤ 1.200 kg) sobre las variables mortalidad predestete, presentación de diarreas y peso promedio (3, 7, 14 y 21 días), en condiciones de una granja comercial. Noventa y seis lechones ≤ 1.2 kg fueron organizados en camadas homogéneas de doce lechones y reacomodados con cerdas de segundo parto y asignados al azar en uno de cuatro tratamientos (n = 24 lechones/tratamiento), se asignaron tres lechones por tratamiento/ camada: 1) Cal_comp: administración de 15 ml/kg de calostro porcino, 2) Ener_co: administración de 2 ml de suplemento energético comercial (Enerpig®), 3) Control_pos: administración 2 ml de agua potable, 4) Control_neg: grupo control. Los tratamientos se administraron mediante sonda gástrica al momento del parto y dos horas después de la primera toma. No se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos en la variable mortalidad (P = 0.1532) ni en las variables: peso promedio (kg) a los 1 (P = 0.739), 3 (P = 0.255), 7 (P = 0.823), 14 (P = 0.776) y 21 (P = 0.933) días; ni ganancia de peso (kg) a 1 (P = 0.7393) o 21 (p = 0.812) días. Ningún caso de diarrea se presentó por lo que no se evaluó esta variable. En conclusión no existe evidencia que indique que la administración de calostro porcino complementario o de un producto energético comercial a lechones de bajo peso (≤ 1.200 kg), logre una mejora sobre las variables de interés, por lo que económicamente no resulta adecuada la utilización de estos productos bajo las condiciones de este estudio.

Palabras clave: Calostro, energético comercial, lechón de bajo peso, mortalidad predestete

Abstract

It has been shown that increased litter size in pigs is linked to a decrease in the average birth weight, greater variability of individual birth weight and weaning increased mortality in low birthweight piglets. The aim of this study was to evaluate the effects of the additional administration pig colostrum or a commercial energy product from low birthweight piglets (≤ 1.200 kg) on the variables weaning mortality, diarrhea and presentation of average weight (to 3, 7, 14 and 21 days) in a commercial farm conditions. Ninety-six piglets ≤ 1.2 kg were organized into homogeneous litters twelve piglets and rearranged bristle second delivery and randomized into one of four treatments (n = 24 pigs / treatment), three piglets were assigned by treatment / litter: 1) Cal_comp: administration of 15 ml / kg of porcine colostrum, 2) Ener_co: administration of 2 ml a commercial energy product (Enerpig®), 3) Control_pos: administration 2 ml of water, 4) Control_neg: control group. The treatments were administered by gavage at birth and two hours after the first shot. No significant differences between treatments in mortality variable (P = 0.1532) or variables were obtained: mean weight (kg) to 1 (P = 0.739), 3 (P = 0.255), 7 (P = 0.823), 14 (P = 0.776) and 21 (P = 0.933) days; or weight gain (kg) to 1 (P = 0.7393) or 21 (p = 0.812) days. No cases of diarrhea occurred so not evaluated this variable. In conclusion there is no evidence that the administration of porcine colostrum complementary or commercial energy product from low birthweight piglets (≤ 1.200 kg), achieved an improvement over the variables of interest, so it is not economically suitable to use these products under the conditions of this study.

Keywords: Colostrum, commercial energy product, low birthweight piglets, pre-weaning mortality

Contenido

		Página
	Dedicatorias	I
	Agradecimientos	II
	Resumen	III
	Abstract	IV
	Contenido	V
	Lista de Cuadros	VII
	Lista de Figuras	IX
1	Introducción	1
2	Revisión de literatura	6
	2.1. Estrategias para incrementar la eficiencia en la producción porcina	6
	2.2. Mortalidad predestete	8
	2.3. Hipotermia	11
	2.4. Importancia del calostro para el lechón recién nacido	15
	2.5. Deficiencia en el consumo de calostro	17
	2.6. Variación de pesos dentro de la camada	19
	2.7. Disminución de la mortalidad predestete	21
	2.8. Factores que afectan la mortalidad predestete	22
	2.9. Factores que afectan el peso al destete	27
	2.10. Comportamiento materno	29
	2.11. Efectos negativos del aumento en el tamaño de camada	31
3	Justificación	34
4	Hipótesis	35
5	Objetivos	35
6	Materiales y Métodos	36
	6.1. Sitio de estudio	36
	6.2. Número de repeticiones y tamaño de muestra	37

	6.3.	Animales experimentales	38
	6.4.	Tratamientos	40
	6.5.	Obtención y manejo de calostro porcino	42
	6.6.	Distribución de la variable “peso al nacimiento” en lechones	43
	6.7.	Medición de variables de respuesta	43
	6.8.	Análisis estadístico	44
7	Resultados		46
	7.1.	Distribución de la variable peso al nacimiento	46
	7.2.	Formación de estratos para la variable peso al nacer	47
	7.3.	Peso al nacimiento	49
	7.4.	Variable mortalidad predestete	49
	7.5.	Variable presentación de diarreas	53
	7.6.	Variable Peso a 3, 7, 14 y 21 días.	53
	7.7.	Variable ganancia de peso a 1 y 21 días	54
	7.8.	Análisis de costos	54
8	Discusión		57
	8.1.	Distribución de la variable peso al nacimiento	57
	8.2.	Formación de estratos para la variable peso al nacer	58
	8.3.	Mortalidad predestete	59
	8.4.	Variables: Peso a 3, 7, 14 y 21 días y ganancia de peso a 1 y 21 días.	61
9	Conclusiones		64
10	Abreviaturas y siglas usadas		65
11	Literatura citada		66

Lista de Cuadros

Cuadro	Título	Página
1	Producción y consumo de carne de cerdo en el mundo.	3
2	Perspectivas de producción y consumo de carne de cerdo en México 2011–2020.	5
3	Tasas de mortalidad neonatal en distintas especies y países.	8
4	Escala de viabilidad neonatal.	40
5	Medidas de tendencia central y dispersión de la variable peso al nacer de lechones obtenidas de 895 datos.	46
6	Tabla de frecuencias acumuladas para la variable peso al nacimiento de lechones bajo condiciones del sitio de estudio, obtenida a partir de 895 datos.	47
7	Formación de tres estratos para la variable peso al nacimiento de lechones, límites de peso de cada grupo cerrado por la izquierda y abierto por la derecha, cuadro obtenido a partir de 895 datos.	48
8	Estadística descriptiva numérica de la variable peso al nacimiento obtenida a partir de 96 lechones de bajo peso participantes en este estudio.	49
9	Valores observados para las variables sobrevivencia y mortalidad obtenidas de manera general.	50
10	Edad de muerte, número de muertes y proporción que representan de la mortalidad total observada.	50
11	Promedio de peso \pm E. E. a 1, 3, 7, 14 y 21 días por cada tratamiento.	54
12	Ganancia de peso \pm E. E. a 1 y 21 días por cada tratamiento.	54
13	Costos por conceptos empleados para la administración de tratamientos.	55

14	Costo por tratamiento administrado bajo condiciones y precios del año 2014.	56
----	---	----

Lista de Figuras

Figura	Título	Página
1	Participación por tipo de carne en la producción mundial.	2
2	Consumo per cápita de carne por especie en México y proyección de su comportamiento (kg/año).	4
3	Estimación del futuro de la producción y el consumo de carne de cerdo en México (miles de toneladas).	5
4	Causas de mortalidad de lechones nacidos vivos obtenidas de 458 granjas comerciales (~ 140,000 registros) a partir de <i>Easicare recordig system</i> .	10
5	Causas de mortalidad determinadas por análisis postmortem de lechones en condiciones de producción de cría en jaula (n =12 camadas) y sin jaula (n = 93 camadas).	10
6	Correlación entre el peso al nacer del lechón y su temperatura superficial a los 30 y 45 minutos después del nacimiento con un intervalo de confianza del 95%.	14
7	Interacciones en el complejo enfriamiento, inanición, enfermedad y aplastamiento.	26
8	Localidad de La Ciénega de Galvanes, Jalisco, México.	36
9	Instalaciones usadas en este estudio.	37
10	Probabilidad de error tipo II (β) bajo $t - 1 = 3$ escenarios.	38
11	A) Aretes y aretadora utilizados para la identificación de los lechones participantes en este estudio. B) Lechones identificados mediante aretado.	39
12	Sonda de alimentación neonatal infantil corta de PVC transparente, con orificio en la punta y lateral, grado médico, talla 8Fr x 38.5 cm. Ultratec®.	41
13	Técnica de sondeo de lechones de bajo peso.	42
14	Distribución de la variable peso al nacer obtenida de 895 datos. Gráfica de residuales.	46

15	Proporción de casos por estrato para la variable de interés peso al nacimiento de lechones. Obtenida a partir de 985 datos.	48
16	Proporción de la mortalidad total observada de acuerdo a cada causa identificada.	51
17	Porcentaje de mortalidad representado por cada causa registrada de acuerdo a cada tratamiento experimental.	51
18	Análisis del promedio de la proporción de mortalidad de acuerdo a cada tratamiento.	52
19	Peso promedio por tratamiento al nacimiento y a los 1, 3, 7, 14 y 21 días de vida del lechón.	53

Introducción

El incremento en el tamaño poblacional y su tendencia a continuar aumentando durante las siguientes décadas a mayores tasas de crecimiento, es uno de los mayores problemas y la más grave amenaza para la humanidad, debido en parte al incremento en las necesidades alimentarias de esta nueva población, lo cual hace de vital importancia la búsqueda de alternativas para subsanar esta problemática (Latham, 2002).

La industria alimenticia por su parte ha mantenido superficies de producción de alimentos de origen vegetal y animal similares a las utilizadas históricamente. Se ha estimado que la tasa de crecimiento anual de superficie de producción es del 1.2% y no se prevé que se estabilice hasta el 2050 (Latham, 2002; Akinmutimi *et al.*, 2006; Zamudio-Sánchez *et al.*, 2008).

Parte de la población mundial posee un mayor poder adquisitivo debido al mejor posicionamiento de sus economías nacionales, ejemplo de esto son los casos de India y China, lo que genera incremento en la demanda de productos alimenticios de origen animal, provocando cambios importantes en los patrones de alimentación de estas culturas, que tradicionalmente se alimentaron con dietas basadas en granos, dando paso a la mega tendencia global de la estandarización en los gustos de los consumidores. Esta mayor demanda, ha tenido como consecuencia el incremento a los precios de la mayoría de los insumos utilizados para la producción de alimentos (Akinmutimi *et al.*, 2006; Choct, 2007).

El incremento en la demanda de alimentos de origen animal se ha observado principalmente en los productos obtenidos a partir de aves y cerdos. En la industria avícola, esta demanda se ha reflejado en un aumento en el consumo *per cápita* de carne de ave del 300 % desde la década iniciada en 1960 (Choct, 2007).

El aumento en el consumo de productos de origen animal a nivel mundial, se ha dado principalmente en los estratos socioeconómicos alto y medio en la mayoría de los países

desarrollados, así como aquellos con altas densidades de población como los países asiáticos y algunos en el continente Africano (Akinmutimi *et al.*, 2006; Choct, 2007).

El aumento en el consumo de carne y productos de origen animal junto con la obligación de satisfacer la demanda de alimentos por parte de una población creciente, obliga a los profesionales involucrados en la producción animal, a mejorar la eficiencia productiva a través de estrategias de mejoramiento genético, eficiencia reproductiva y de manejo; con el fin de satisfacer la demanda de estos productos cubriendo así las necesidades de proteína de origen animal por parte de la población.

Importancia de la producción porcina en el mundo

La carne de cerdo continua siendo de suma importancia como fuente de proteína y con una alta preferencia de consumo, esto la posiciona como la carne de mayor producción y consumo a nivel mundial (**Figura 1**; FAO, 2014).

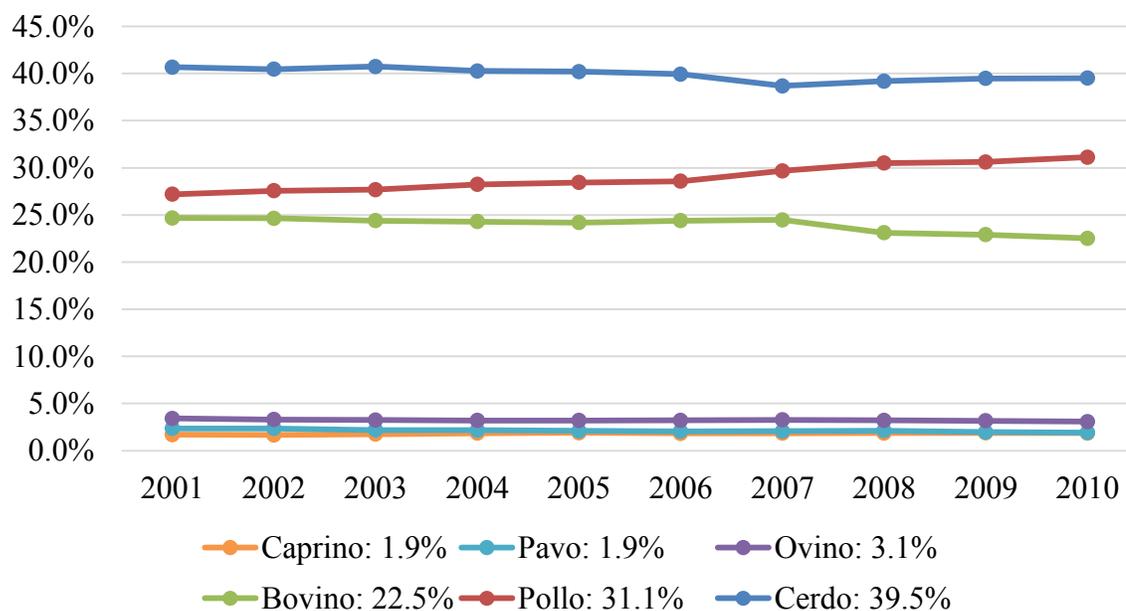


Figura 1. Participación por tipo de carne en la producción mundial (FAO, 2014).

La producción porcina a nivel mundial ha mantenido un aumento constante durante el periodo del 2008 al 2012 (**Cuadro 1**; USDA, 2014). Esta tendencia parece que continuará durante la siguiente década, debido a una disminución en el costo de producción, lo cual es el resultado de importantes mejoras en la eficiencia con la que se produce esta especie, aunado a un incremento en los precios del cerdo, generando mayores márgenes de ganancia a los productores, lo que permitirá el incremento continuo en la producción (SFA-SAGARPA, 2011).

Cuadro 1. Producción y consumo de carne de cerdo en el mundo (miles de toneladas).

Año	2008	2009	2010	2011	2012
Producción	97,826	100,547	102,902	101,662	104,357
Consumo	97,934	100,398	102,684	101,286	103,780

Fuente: USDA, 2014).

De acuerdo a las proyecciones del 2012, la demanda de carne de cerdo en los próximos años continuará en aumento, por lo que los productores deberán mejorar su eficiencia productiva para hacer frente a la mayor demanda de este importante alimento para el ser humano (USDA, 2014).

Importancia de la producción porcina en México

En México, la producción porcina ocupa el tercer lugar de importancia en cuanto al volumen de producción, precedido por la producción de ganado bovino y la avicultura (SIAP-SAGARPA, 2014). Según datos del INEGI (2011), el inventario nacional de porcinos fue de 15,435,412 cabezas y se alcanzó una producción de carne en canal de 1,174,581 toneladas en el 2010.

El consumo nacional aparente de carne de cerdo en México ha mantenido tendencias a la alza, pasando de poco más de 1.6 millones de toneladas en 2005 a 1.9 millones de toneladas en 2010 (SFA-SAGARPA, 2011; DAEC-FIRA, 2011). El consejo mexicano de la carne en

2014, estimó que del total de consumo nacional aparente de carnes, el 21.4% corresponde a carne de cerdo (COMECARNE 2014).

El consumo *per cápita* de carne de cerdo en México durante los últimos cinco años se ha mantenido alrededor de 14.0 kg/año, esto la ubica en el tercer lugar en cuanto a preferencia, antecedida por los 17.1 kg de bovino y 27.5 kg de carne de pollo consumidos por año (**Figura 2**); en México estas tres especies constituyen de manera primordial la ingesta de carne de la población, que es de 58.5 kg/habitante/año (SAGARPA, 2009).

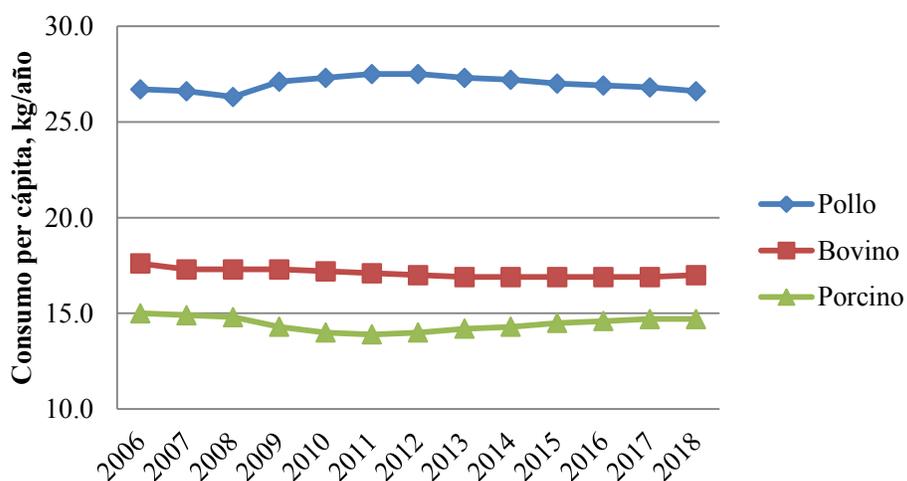


Figura 2. Consumo *per cápita* de carne por especie en México y proyección de su comportamiento (kg/año; SAGARPA, 2009).

De acuerdo a estimaciones gubernamentales (**Cuadro 2**), se espera que el inventario de cabezas de cerdos en México aumente a una tasa media anual de crecimiento del 1.03% durante el periodo comprendido del 2011 al 2020, aunado a esto, se prevé que la producción de carne en canal pase de 1.18 millones de toneladas en 2011 (INEGI 2011) a 1.42 millones de toneladas en 2020 (SFA-SAGARPA, 2011).

Cuadro 2. Perspectivas de producción y consumo de carne de cerdo en México 2011–2020 (miles de toneladas).

Año	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Producción	1,170.7	1,228.9	1,255.0	1,304.7	1,343.5	1,367.5	1,381.3	1,392.6	1,404.3	1,416.2
Importaciones	796.2	746.1	757.3	757.4	765.5	780.2	788.0	794.8	797.5	810.2
Oferta	1,966.9	1,974.9	2,012.3	2,062.1	2,109.0	2,147.7	2,169.3	2,187.4	2,201.8	2,226.4
Consumo	1,907.0	1,916.9	1,955.4	2,005.2	2,053.0	2,093.1	2,115.5	2,134.3	2,148.9	2,174.8
Exportaciones	60.0	58.0	57.0	57.0	56.0	55.0	54.0	53.0	53.0	52.0

Fuente: SFA-SAGARPA, 2011.

El incremento estimado de la producción de carne de cerdo, no será suficiente para satisfacer la creciente demanda de productos de origen animal (**Figura 3**); esta situación obliga a los productores de cerdo a mejorar la eficiencia con la que se produce esta especie actualmente, incrementando la cantidad de cerdos de abasto producidos por granja, con el mismo número de madres e instalaciones (SFA-SAGARPA, 2011).

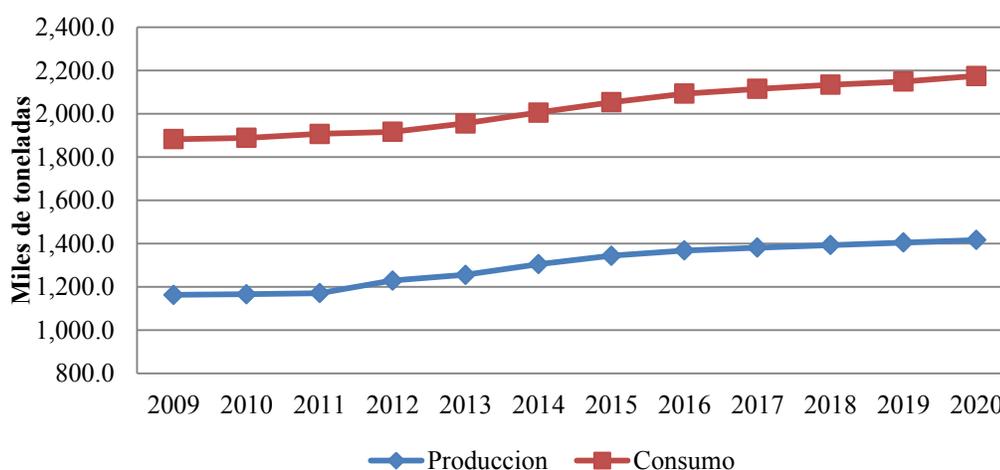


Figura 3. Estimación del futuro de la producción y el consumo de carne de cerdo en México (miles de toneladas; SFA-SAGARPA, 2011).

Revisión de literatura

Estrategias para incrementar la eficiencia en la producción porcina

Evolutivamente el cerdo ha asegurado la sobrevivencia de su especie mediante el parto de camadas con un gran número de crías; sin embargo, en esta especie la mortalidad durante la lactancia es elevada (Edwards, 2002).

Desde un punto de vista productivo, la alta prolificidad del cerdo ha sido una característica apreciada y que se ha buscado incrementar mediante estrategias genéticas (Quiniou *et al.*, 2002; Quesnel *et al.*, 2012).

El número de lechones destetados por camada es un indicador productivo de gran interés para esta industria, debido a la gran relevancia económica que guarda en sí mismo (Haley *et al.*, 1988; Serenius *et al.*, 2003). Como es lógico, este indicador se encuentra estrechamente relacionado al tamaño de camada y a la tasa de mortalidad predestete (Arango *et al.*, 2006).

Por este motivo, el aumento en el tamaño de camada resulta ser uno de los principales objetivos en relación a la mejora en la eficiencia productiva de la industria porcina, y muy probablemente continúe siéndolo por un periodo de tiempo importante (Webb 1998; Spötter y Distl 2006).

A fin de ilustrar lo anterior se sabe que el tamaño de camada ha aumentado de 12.87 lechones nacidos totales (LNT) en el año 2008 a 13.35 LNT, por camada en 2012 (PigChamp, 2014).

Investigaciones basadas en la genética de la especie han estimado que la heredabilidad del parámetro “sobrevivencia del lechón” se encuentra en valores que van de 0.05 a 0.1 (Knol *et al.*, 2002; Casellas *et al.*, 2004; Chapinal *et al.*, 2006) los cuales se consideran valores bajos, esto hace pensar que disminuir la mortalidad mediante mejora genética es muy poco probable (Casellas *et al.*, 2004). Sin embargo a través del mejoramiento genético de otros parámetros como la reducción de la variabilidad del peso al nacimiento en la camada, se observa una disminución en la mortalidad de los lechones (Knol *et al.*, 2002).

Los resultados poco prometedores de la mejora genética sobre la sobrevivencia de los lechones hacen que el control de los factores ambientales y el manejo periparto resulten clave, para lograr la mejora en este parámetro a través de un menor número de lechones muertos durante la lactancia por camada (Baxter *et al.*, 2008; Shankar *et al.*, 2009; Illmann *et al.*, 2015).

Con el fin de incrementar el número de lechones destetados por camada la industria porcina ha buscado disminuir la tasa de mortalidad predestete mediante estrategias encaminadas al cuidado de la cerda junto a su camada durante el parto y la lactancia (Edwards, 2002; Vanderhaeghe *et al.*, 2010; Rootwelt *et al.*, 2012).

Sin embargo, la mortalidad predestete se ha mantenido en niveles del 10 al 12% (Mellor y Stafford, 2004), muy por encima del 5% que se recomienda para la explotación moderna de este animal.

Por su parte Alonso-Spilsbury *et al.*, (2007) señala que el rango de mortalidad en esta etapa es del 10 al 12% de los lechones nacidos vivos. Sin embargo, la existencia de centros de producción donde el rango de mortalidad predestete se sitúa entre el 5 y el 8% confirma la posibilidad de reducir el valor de este indicador a través del cuidado y el manejo de la camada durante el periodo posterior al parto y durante el resto de la etapa de lactancia.

Por otra parte, se ha demostrado que el aumento en el tamaño de camada en el cerdo está relacionado con una disminución en el peso promedio al nacimiento de los lechones y con un aumento de la variabilidad del peso al nacer dentro de la camada (Wolf *et al.*, 2008).

Otros estudios han señalado la relación existente entre el aumento en el tamaño de camada y la reducción del peso al parto del lechón (Roehe, 2000; Quiniou *et al.*, 2002, Fix *et al.*, 2010) y han señalado la relación que existe entre el peso al nacer y la mortalidad predestete, donde lechones de bajo peso muestran una mayor probabilidad de morir durante la lactancia (Fix *et al.*, 2010).

Dos puntos que resultan de gran importancia para la sobrevivencia del lechón son: la ingesta de calostro y el peso al nacer. Ferrari *et al.*, (2014) sugieren que lechones que son clasificados como lechones de peso bajo e intermedio al nacer son más dependientes de la

ingesta de calostro para asegurar una mayor supervivencia y mejor desarrollo en comparación con lechones de mayor peso.

Mortalidad predestete

La mortalidad neonatal se define como la muerte del recién nacido dentro de los siete días posparto, basados en los reportes de mortalidad existentes se han definido rangos de este parámetro para diferentes especies los cuales se pueden observar en el **Cuadro 3** (Mellor y Stafford, 2004).

Cuadro 3. Tasas de mortalidad neonatal en distintas especies y países.*

Especie	Rango de mortalidad	Clima (País)
Cabra	10 - 25	Templado a frío-templado (Australia, Nueva Zelanda, Reino Unido)
Humano	15 - 51	Templado/tropical (India)
	12 - 50	Templado (Sudáfrica)
	7 - 17	Caliente - templado (México)
	15 - 50	Frío - templado (Nueva Zelanda)
Bovino	8	Caseta (Canadá)
	50	Exterior (Canadá)
	6 - 15 ^a	Estados Unidos
	0 - 10	Reino Unido
Venado	10 - 12	Granja (Nueva Zelanda)
	10 - 90 ^b	Silvestre (Estados Unidos)
Caballo	0 - 35 ^b	Manada silvestre (Estados Unidos)

	30 ^c	Manada silvestre (Nueva Zelanda)
Cerdo	5 -20	Caseta (Reino Unido)
	12 - 19 ^b	En jaula de maternidad
	13 - 35 ^b	Sin jaula de maternidad

* Adaptado de Mellor y Stafford, 2004.

^a *Mortalidad en las primeras 24 hrs.*

^b *Rango de mortalidad pre-destete.*

^c *Pérdidas desde gestación hasta potros nacidos vivos.*

A pesar de los cambios y mejoras en los sistemas de producción porcina se ha observado una escasa reducción en la mortalidad predestete, esto puede ser vinculado con la propia biología de la especie (Edwards, 2002).

En el caso del cerdo, el periodo más crítico para la sobrevivencia de las crías son los tres días posteriores al parto (Herpin *et al.*, 2002). La causa de mortalidad de lechones periparto que suele registrarse con mayor frecuencia en la industria porcina es el aplastamiento, sin embargo la hipotermia y la inanición son las principales causas subyacentes en estos casos (Edwards, 2002; Kammersgaard *et al.*, 2011).

El riesgo inherente a la adquisición de calostro para el lechón es la muerte, esto debido a la posibilidad de aplastamiento, en gran medida debido a la falta de conocimiento del recién nacido sobre el nuevo ambiente que lo rodea y la notable diferencia de peso que guarda con su madre (Baxter *et al.*, 2008), además que algunos lechones son víctimas de agresión lo que disminuye dramáticamente sus posibilidades de sobrevivir, afortunadamente esta situación es poco frecuente y suele observarse más cuando se trata de partos de cerdas primíparas, las cuales al verse sorprendidas por lechones en su exploración en busca de alimento reaccionan de forma violenta. Estas entre otras causas de mortalidad se presentan en las **Figuras 4 y 5** (Edwards, 2002).

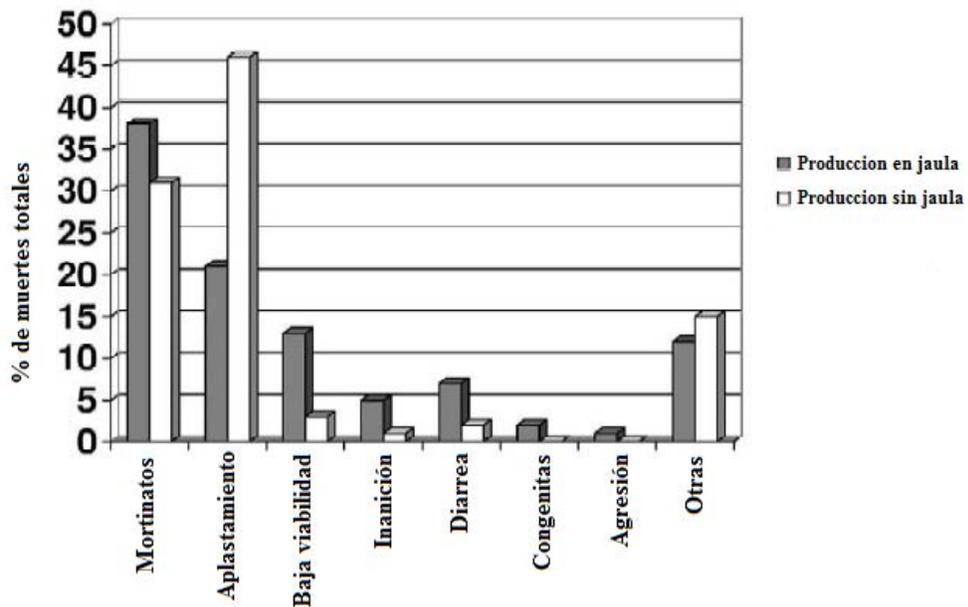


Figura 4. Causas de mortalidad de lechones nacidos vivos obtenidas de 458 granjas comerciales (~ 140,000 registros) a partir de *Easicare recordig system* (presentado por Edwards, 2002).

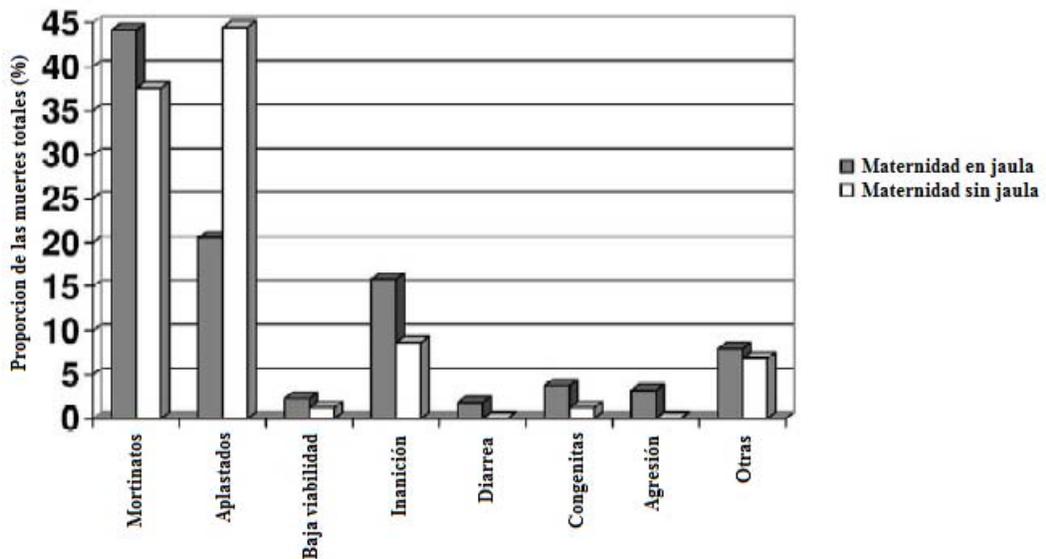


Figura 5. Causas de mortalidad determinadas por análisis postmortem de lechones en condiciones de producción de cría en jaula (n =12 camadas) y sin jaula (n = 93 camadas). (Riart *et al.*, 2000; presentado por Edwards, 2002).

La mortalidad neonatal significa un área de preocupación para los involucrados en el proceso de producción porcina, ya que supone un impacto importante de los costos totales de la explotación, lo que resulta en un área de oportunidad para incrementar la productividad y los ingresos de la empresa porcina (Zajas_Cruz *et al.*, 2000).

Algunos trabajos sugieren que la mortalidad neonatal no es aleatoria entre la totalidad de las camadas de la explotación, lo que permite vislumbrar la existencia de causas ambientales o genéticas que inciden sobre este parámetro (Fraser, 1990) y que al ser identificadas es posible establecer estrategias de corrección o mitigación. Por citar un ejemplo, se ha observado que cerdas que aplastan a sus lechones muestran una marcada tendencia a continuar haciéndolo en paridades subsecuentes (Jarvis *et al.*, 2005; Chapinal *et al.*, 2006), lo que sugiere que una selección genética basada en un buen instinto materno podría contribuir a la mayor sobrevivencia de los lechones durante la etapa de lactancia.

Sin embargo, la selección realizada por compañías genéticas se ha orientado hacia el aumento en el tamaño de camada, lo que ha aumentado el valor en el indicador mortalidad predestete y en el número de animales nacidos que se clasifican como animales de bajo peso al nacer (Cutler *et al.*, 2006). Lo que hace pensar que la selección orientada a mayor número de animales nacidos puede resultar de escaso beneficio a la empresa porcina, debido a la mayor incidencia de nacimiento de animales de bajo peso, a no ser que se sigan nuevos protocolos y manejos orientados a mejorar la sobrevivencia de estos animales.

Hipotermia

Durante la gestación la madre proporciona al feto un medio relativamente estable donde no tiene la necesidad de regular constantemente su temperatura corporal. Al momento del parto, el lechón se enfrenta de manera abrupta a una serie de cambios fisiológicos debidos a la necesidad de resolver por sí mismo los cambios tan significativos en lo que se refiere a la adquisición de nutrientes y al metabolismo energético (Caldara *et al.*, 2014).

A partir de la expulsión del lechón, este se enfrenta a un medio ambiente que es diametralmente distinto al medio ambiente uterino, la diferencia de temperatura y los

mecanismos de pérdida de temperatura existentes generan un descenso de magnitud importante (10 a 12 °C) y repentina en su temperatura corporal (Herpin *et al.*, 2005).

Otro cambio dramático que experimenta el lechón a partir del parto es en lo relativo a la obtención de nutrientes, *in utero* recibe un continuo suministro de nutrientes requeridos para su crecimiento y demás funciones metabólicas, situación que al nacer sufre un cambio drástico al pasar a una alimentación discontinua con un perfil alto en grasa y bajo en carbohidratos como lo son el calostro y la leche (Le dividich *et al.*, 2005).

Para lograr la sobrevivencia el lechón debe adaptarse adecuadamente a estos cambios, eso es que debe ser capaz de adquirir nutrientes y proporcionar energía a los tejidos con el fin de producir calor e iniciar los mecanismos de termorregulación (Herpin *et al.*, 2002). Esto en conjunto al inicio de notables cambios en las rutas metabólicas: glucogénica, lipogénica y oxidativa, coherentes al nuevo tipo de adquisición de nutrientes.

Debido al estrés térmico, el momento posterior al parto se asocia con una disminución en la temperatura corporal del lechón. El tiempo que le tome a este recuperar la temperatura corporal se encuentra estrechamente relacionado con dos factores, los cuales son: su peso corporal y la temperatura ambiente (Milligan *et al.*, 2002; Çınar y Filiz, 2006).

Al nacer la temperatura ambiente en la sala de maternidad se encuentra regularmente alrededor de los 20 a 25°C esto es 10 a 12°C por debajo de la temperatura de confort para el lechón de 30 a 37°C (Black *et al.*, 1993) y es realmente cercana a la temperatura de 18°C en que la tasa metabólica se encuentra a su máxima capacidad (Berthon *et al.*, 1993).

En la producción porcina este periodo de hipotermia está altamente asociado a la pérdida de lechones esto debido al consumo de las reservas energéticas y la consecuente debilidad que imposibilita al lechón a continuar alimentándose y lo predispone a ser aplastado por la madre en su búsqueda por una fuente de calor. Esto se confirma continuamente al observar que la mayor mortalidad de lechones se da en las primeras 48 hrs posparto (Edwards 2002).

En lo referente a la adaptación al frío los lechones que se alimentan correctamente se adaptan rápidamente a la temperatura ambiente, durante el parto temprano,

estabilizando su temperatura corporal. Caso contrario a los animales que tienen un bajo o nulo consumo de calostro (Le Dividich *et al.*, 1981; Herpin *et al.*, 1994).

La homeotermia es el resultado del equilibrio en la dinámica en como el cuerpo pierde calor y la producción de este como consecuencia del metabolismo. El lechón recién nacido cuenta con un aislamiento térmico deficiente, ya que al nacer cuenta con una limitada cantidad de pelo y una mínima cantidad de grasa subcutánea. Esto como consecuencia lógica, da paso a una capacidad reducida para conservar el calor corporal (Le Dividich *et al.*, 2005).

Ésta condición de un aislamiento térmico deficiente del lechón no sufre cambios importantes durante los primeros días de la lactancia, por lo que la capacidad de mantener la homeotermia depende de la capacidad del lechón para producir una gran cantidad de calor (Berthon, 1994). Se ha probado que en condiciones de baja temperatura ambiente, la temperatura corporal y la producción de calor se relacionan positivamente con la cantidad de calostro consumido (Noblet y Le Dividich, 1981).

Si bien la función primordial del calostro es transferir inmunoglobulinas de la madre al lechón, este además cumple otra función de suma importancia, que es la de suministrar energía requerida por el lechón durante el primer día de vida. Esto se torna particularmente primordial al recordar que las reservas corporales de energía son muy limitadas (Quesnel *et al.*, 2012).

La ingestión de calostro durante las primeras horas de vida resulta, además de la adquisición de inmunoglobulinas por el lechón, en la producción de calor metabólico o termogénesis postprandial (Gentz *et al.*, 1970). Ésta es resultado de la ineficiencia del proceso de digestión y absorción de nutrientes (desperdicio y pérdida de energía en forma de calor). Sin embargo, resulta de poca contribución a la regulación térmica del lechón, aproximadamente 10% del calor requerido, esto completamente relacionado a la alta eficiencia (91%) de la energía metabolizable del calostro (Herpin *et al.*, 1994). En contraparte la eficiencia de la energía metabolizable de la leche es menor (73%; Marion y

Le Dividich, 1999) por lo que en consecuencia el aporte del proceso digestivo y de absorción de la leche a la generación de calor corporal es mayor (Herpin *et al.*, 2005).

Existe evidencia que la ganancia diaria de peso en lechones y su sobrevivencia se asocia de manera positiva por una parte con su peso al nacer y por otra, con la cantidad de calostro ingerido por kilogramo de peso al nacer. Por el contrario, se asocia de manera inversa con el tiempo que transcurre entre el nacimiento y la primera ingesta de calostro (Decaluwé *et al.*, 2014).

Un trabajo llevado a cabo por Caldara *et al.* (2014), encontró que entre el peso al nacer y la temperatura superficial en lechones se correlaciona positivamente a los 30 y 45 minutos después del nacimiento (**Figura 6**), esto implica que los lechones de mayor peso al nacimiento tendrán una mayor temperatura superficial y un descenso de la temperatura más lento, relacionado a la hipotermia posnatal habitual. Por lo tanto, se puede afirmar que la disminución en la temperatura corporal es perceptible dentro de la primera hora de vida, lo que hace evidente que las primeras horas de vida de los lechones resultan un momento crítico para su sobrevivencia, especialmente para animales de bajo peso al nacer

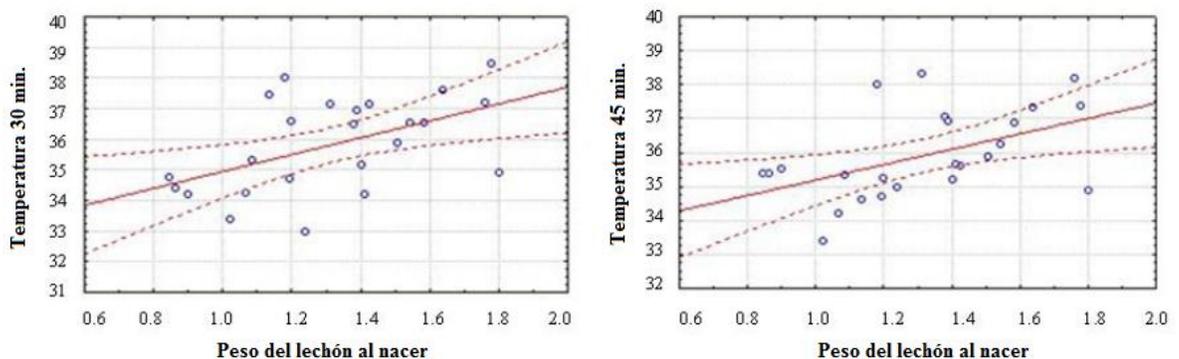


Figura 6. Correlación entre el peso al nacer del lechón y su temperatura superficial a los 30 y 45 minutos después del nacimiento con un intervalo de confianza del 95% (Caldara *et al.*, 2014).

Es de vital importancia reducir el impacto de la hipotermia posnatal sobre la tasa de mortalidad, para esto es necesario por una parte brindar instalaciones adecuadas con el fin

de disminuir la diferencia de temperaturas y las corrientes de aire dentro de las salas de maternidad, vigilando que el diseño de esta área contemple zonas adecuadas para mantener microclimas cálidos; y por otra parte asegurar el adecuado consumo de calostro de cada lechón.

Importancia del calostro para el lechón recién nacido

El calostro es la primera secreción que produce la glándula mamaria durante la lactancia, y se da en las primeras horas alrededor del parto, de manera gradual es sustituido por la secreción de leche. Durante el parto su secreción es continua, y al concluir este se convierte en una secreción discontinua, tal como será la producción de leche, durante el puerperio se produce a intervalos regulares de 40 a 60 minutos (Hemsworth *et al.*, 1976).

Para la nutrición temprana, el calostro, es de vital importancia para el lechón, que por lo general comienza a succionar entre los 20 y 30 min de nacido. La cantidad de calostro consumido por el lechón es dependiente de la capacidad de la cerda para producirlo y la del propio lechón para “apropiarse” de un pezón y extraer el calostro de la ubre.

En los mamíferos el periodo posterior al parto está lleno de cambios en las funciones corporales y fisiológicas. En los cerdos como en otras especies productivas, las crías al nacimiento son deficientes en lo que se refiere a reservas energéticas y son inmaduras inmunológicamente. Al nacer el lechón está expuesto al medio ambiente donde entrará en contacto con patógenos y una temperatura inferior al medio ambiente uterino. Durante la gestación el feto recibe un aporte continuo de nutrientes provenientes de la madre, principalmente glucosa, que al momento del parto se ve interrumpido y cambia por una alimentación intermitente con calostro durante el primer día de vida y posteriormente con leche.

El calostro provee al lechón recién nacido de nutrientes y de anticuerpos maternos que son de gran importancia, ya que serán los encargados de la protección inmunológica durante las primeras semanas de vida, dando tiempo a que su propio sistema inmune madure.

Las reservas energéticas con las que nace el lechón le proporcionan una fuente inmediata de energía al inicio de su vida. Aunque proteínas, glucógeno y grasa pueden transformarse en

energía a través de las rutas metabólicas, el catabolismo de las proteínas es muy lento durante el período neonatal, lo que en condiciones de termoneutralidad representa sólo una pequeña proporción de la producción de calor (Le Dividich *et al.* 1994).

La cantidad de calostro ingerido por unidad de peso al nacimiento sobre la sobrevivencia se asocia en mayor medida al cambio en la fisiología de la adquisición y uso de nutrientes que al efecto de la inmunidad pasiva (Decaluwé *et al.*, 2014).

Al nacer, el lechón cuenta con reservas de glucógeno que representan entre 30 y hasta 38 g/kg del peso corporal al nacimiento. Estas reservas son rápidamente consumidas. En condiciones ambientales convencionales de granja el 75% de glucógeno hepático y el 41% de glucógeno muscular son utilizados dentro de las primeras 12 horas posteriores al parto (Elliot y Lodge, 1977).

La selección genética en esta especie se ha hecho en base a dos propósitos, el primero, ya mencionado es la parición de camadas más numerosas, el segundo persigue la selección de cerdos con menor porcentaje de grasa corporal. Esta selección de cerdos magros ha tenido como consecuencia colateral lechones más delgados al nacimiento (Herpin *et al.*, 1993), con hígados más pequeños y una cantidad de glucógeno hepático menor a la de sus antecesores (Canario *et al.*, 2005).

La tasa de utilización de proteínas y glucógeno se acelera cuando el medio ambiente se encuentra por debajo de la termoneutralidad. Al disminuir la cantidad de calostro consumido en relación al peso del lechón, este utiliza una mayor cantidad de la proteína del calostro en procesos catabólicos en lugar de ser utilizada para el aumento de su masa corporal (Decaluwé *et al.*, 2014).

Alrededor del 45% de la grasa en el lechón recién nacido es estructural y no se encuentra disponible para movilización. El de tejido adiposo en el lechón recién nacido es mínimo, se encuentran entre 10 a 20 g/kg de peso al nacer. Además, en esta especie la grasa parda (marrón o café) no se encuentra presente debido a que los lechones no expresan la proteína de desacoplamiento 1 localizada exclusivamente en la membrana interna del tejido adiposo

marrón, llamada también UCP-1 o termogenina y que es la encargada en la termogénesis inducida por el frío (Trayhurn *et al.*, 1989).

La termogénesis es el resultado de la activación de nervios simpáticos en respuesta a la exposición al frío, con la consecuente liberación de noradrenalina que se une a los receptores β -adrenérgicos de las membranas celulares de las células grasas marrones. La unión de la noradrenalina a los receptores β -adrenérgicos produce la liberación de AMPc y la activación de la proteína quinasa-A, lo que da lugar a la estimulación de la lipólisis mediante la cual los lípidos son metabolizados para producir ácidos grasos y glicerol. La producción de ácidos grasos libres durante la lipólisis activa la UCP-1 para el transporte de protones hacia el interior a través de la membrana mitocondrial interna, de este modo actúa desacoplando la síntesis de ATP del transporte electrónico.

En conclusión la energía que el lechón puede obtener a partir del glucógeno y sus reservas grasas es muy poca; alrededor de 420 kJ/kg de peso corporal, esto es alrededor del 10% de lo que se encuentra en el lechón recién nacido (Mellor y Cockburn, 1986). Esto significa que no cuenta con la energía que requiere para mantenimiento ni para actividad física de las primeras 24 horas de vida, resaltando la importancia del consumo de calostro como aporte de energía (Le Dividich *et al.*, 2005).

Deficiencia en el consumo de calostro

En las especies que paren camadas numerosas como es el caso del cerdo, es común que exista una competencia por el acceso al calostro, si a esto se aúna la diferencia en el peso al nacimiento de cada uno de los lechones de la camada, resulta en un consumo irregular y deficiente de calostro que en términos productivos significa pérdidas.

Los lechones de bajo peso al nacimiento son más proclives a morir durante la lactancia (Van Rens *et al.*, 2005), esto se evidencia en trabajos como el de Quiniou *et al.* (2002) quienes observaron que dicha mortalidad es más marcada en animales con peso menor a 1.0 kg al nacer.

El peso al nacer se relaciona inversamente con el tiempo en alimentarse, dicho de otro modo los lechones de mayor peso al nacer requieren menos tiempo para succionar calostro,

en contraparte los lechones de menor peso tardan más tiempo en amamantar por primera vez (Kammersgaard *et al.*, 2011).

Cuando el feto se ve afectado en su fase de crecimiento, el resultado será un lechón de bajo peso al nacer, débil, altamente propenso a demostrar poca vitalidad e incapacidad para estimular la ubre y succionar eficientemente el calostro de la cerda (Tuchscherer *et al.*, 2000).

Los lechones de bajo peso tienen la desventaja en comparación con sus congéneres de mayor peso al momento de determinar la propiedad del pezón, por lo cual están restringidos a los pezones de menor producción. Además comparativamente los lechones de menor tamaño cuentan con cantidades más limitadas de reservas energéticas.

El peso al nacer es de especial relevancia en lo que respecta a la temperatura corporal del lechón durante las primeras horas de vida. Existe una relación directa entre el volumen de la masa corporal y la pérdida de temperatura. Los lechones que cuentan con un peso mayor al nacer pierden calor de forma lenta, lo que les permite mantener la energía necesaria para ingerir calostro por primera vez de manera más rápida (Caldara *et al.*, 2014).

La competencia entre lechones de camadas numerosas y con alta variación en su peso individual genera una competencia desigual a los lechones de menor peso, los cuales debido a su desventaja tiene garantizado un menor acceso al calostro, lo que genera un desbalance energético negativo y una mala adquisición de inmunidad pasiva aumentando su probabilidad de morir durante los primeros días de vida. Por el contrario, la menor masa corporal de los lechones de bajo peso permite una pérdida de calor más rápida, lo que los hace más susceptibles a sufrir de hipotermia (Lay *et al.*, 2002).

Los lechones de bajo peso al nacer requieren cuidados especiales y manejos adicionales encaminados a disminuir su número de bajas relacionadas a hipotermia e inadecuada ingesta de nutrientes en estos animales (Caldara *et al.*, 2014).

Variación de pesos dentro de la camada

El tamaño de camada es una variable que se ha incrementado a través de la selección genética, la nutrición y técnicas de manejo, sin embargo este aumento en lechones nacidos tiene como consecuencia una disminución en el peso promedio al nacimiento, además de un aumento en la proporción de lechones clasificados como bajo peso al nacer (Quiniou *et al.*, 2002, Baxter *et al.*, 2013; Rutherford *et al.*, 2013).

Las consecuencias negativas relacionadas al incremento en el tamaño de camada son problemáticas complejas que comienzan a preocupar a la industria porcina, ya que estos problemas afectan tanto a la cerda como a sus crías. Se puede señalar que camadas demasiado numerosas, paradójicamente son un factor de riesgo para la disminución en la productividad de la empresa porcina.

Cuando la variación en el peso al nacer de los lechones dentro de la camada es alta, el riesgo de mortalidad predestete se incrementa, debido a la competencia y la consecuente exclusión de algunos lechones, principalmente de bajo peso, a pezones funcionales con buenos niveles de producción (English *et al.*, 1977;. English y Morrison, 1984).

Durante el periodo de tiempo que comprende la lactancia, los lechones han de competir dentro de sus camadas por los recursos para su sobrevivencia (Fraser, 1990), desde el momento del parto esta competencia será agresiva, con el único objetivo de conseguir un pezón sobre el que establecerán su dominio. Durante esta jerarquización de los pezones los animales de mayor peso tendrán una amplia ventaja sobre los animales nacidos de bajo peso, los cuales de prevalecer este escenario, morirán por falta de acceso a alimento o en su defecto sobrevivirán amamantando de manera fortuita los pezones de sus hermanos de camada (de Passillé *et al.*, 1988).

Además de la ya mencionada competencia y jerarquización de los pezones, los lechones de mayor peso ejercen una mayor estimulación de este, lo que genera una mayor secreción de hormonas relacionadas con la producción de leche, así mismo la succión que generan estos animales es capaz de drenar la leche de manera más eficiente; esto en su conjunto (estimulación y vaciamiento) favorece una mayor producción láctea de la ubre de la que se

han “apropiado”, lo que se traduce en una mayor ingesta de nutrientes (Fraser *et al.*, 1979; Thompson y Fraser, 1986; Algers y Jensen, 1991).

En contraparte, los lechones de menor peso son ineficientes en la estimulación y el vaciamiento glandular, lo que comparativamente genera un menor estímulo y producción láctea. Esto es la causa de que la variación de pesos al nacer dentro de la camada se mantenga y más comúnmente se incremente durante el periodo de lactancia (Milligan *et al.*, 2002).

Un manejo recurrente en las salas de maternidad de granjas porcinas es la formación de camadas igualando el número de lechones de peso similar, con la finalidad de disminuir la variación de peso en la camada y mejorar las posibilidades de sobrevivencia de los lechones (Straw *et al.*, 1998).

Como se ha mencionado antes, normalmente los lechones de bajo peso al nacer requieren de cuidados especiales debido a la posibilidad de tener un inadecuado acceso a alimento por la competencia con animales de mayor peso (English, 1998); esto es particularmente significativo bajo dos situaciones: la primera es en granjas donde se hace uso de cerdas reproductoras hiperprolíficas, debido a que la dispersión de pesos y el número de lechones en competencia serán mayores; en segundo término cuando se trata de cerdas de paridad avanzada, debido a que la probabilidad de haber comprometido la integridad y funcionalidad de sus pezones a través de su vida productiva en granja es mayor (Cutler *et al.*, 2006).

Diversos autores señalan que el reacomodo de lechones durante los primeros días posparto es una estrategia adecuada para disminuir la variación de pesos y mejorar la eficiencia productiva de la cerda (Horrell y Bennett, 1981; Svendsen *et al.*, 1986; Straw, 1997; Beymon, 1997; Straw *et al.*, 1998; Bilkei y Biro, 1999; Deen, y Bilkei, 2004).

El reacomodo de camadas puede mejorar significativamente la ganancia de peso durante la lactancia cuando se forman camadas de lechones de bajo peso homogéneas, es decir con la menor variación de peso posible (Marcatti-Neto, 1986).

Por su parte Deen y Bilkei (2004) indican que la mejor oportunidad para la sobrevivencia de lechones de bajo peso al nacer la encuentran en la formación de camadas con pocos individuos, independientemente de la variación de peso que exista dentro del grupo.

Disminución de la mortalidad predestete

Las muertes neonatal representa la mayor parte de la mortalidad predestete, donde en las primeras 24 horas de vida resultan de vital importancia, debido a que en este periodo es donde ocurre cerca del 30% de estos casos (Kilbride *et al.*, 2012)

Los lechones que ingieren una cantidad de calostro insuficiente, carecen de nutrientes críticos en las primeras horas de vida y son más susceptibles al aplastamiento y a la diarrea. La ingesta adecuada de calostro puede reducir de manera importante la tasa de mortalidad predestete, y por lo tanto, la disminución de las pérdidas en el sistema de producción (Devillers *et al.*, 2011; Quesnel *et al.*, 2012).

El calostro proporciona parte importante de la energía requerida para la regulación de la temperatura corporal durante el primer día de vida (Herpin *et al.*, 2002; Le Dividich *et al.*, 2005), además de factores de crecimiento que estimulan el crecimiento y la maduración del intestino del lechón (Xu *et al.*, 2000).

Debido al que la placentación del cerdo es del tipo epiteliocorial, donde las inmunoglobulinas de la madre no pueden atravesar la barrera placentaria. Su resultado posnatal es el nacimiento de lechones sin protección inmunológica adecuada (Gaskins y Kelly, 1995; Bland *et al.*, 2003), por lo que los lechones recién nacidos tienen que adquirirlas a partir de la madre, a través del consumo de calostro (Gaskins y Kelly, 1995).

En el lechón recién nacido los niveles de inmunoglobulinas son insignificantes y no tiene la capacidad de iniciar su producción sino hasta el séptimo día de vida (Bourne, 1973), lo cual desde un punto de vista inmunológico refuerza la importancia de un consumo suficiente de calostro para la adquisición de una adecuada inmunidad pasiva.

Debido a esto, una de las funciones más importantes del calostro es transmitir inmunidad pasiva al lechón, necesaria para darle protección inmunológica (Rooke y Bland, 2002). Las inmunoglobulinas brindan dicha protección, particularmente la inmunoglobulina G (IgG), la cual se encuentra disponible en grandes cantidades en el calostro durante las primeras 3 horas posteriores al parto (Foisnet *et al.*, 2010)

Existe una cantidad mínima de calostro que debe ser ingerido para proporcionar una protección inmunológica efectiva a los lechones, a través de una concentración adecuada de inmunoglobulinas. Según Devillers *et al.* (2011), la ingestión de 200 g de calostro proporciona una adecuada inmunidad materna al lechón, lo que reduce el riesgo de muerte predestete.

Trabajos como los realizados por Devillers *et al.* (2011) o Quesnel (2011) han demostrado la importancia de la ingesta de calostro para la sobrevivencia y el desarrollo de los lechones, sin embargo existe poca información acerca de la relación que guarda el peso al nacimiento y la cantidad de calostro que es importante consumir.

La cantidad de calostro requerida debe ser definida de acuerdo al peso del lechón al nacimiento, con el fin de proporcionar la cantidad adecuada de calostro que permita mejorar su probabilidad de sobrevivencia, además de permitir brindar los cuidados adicionales a los lechones de bajo peso que actualmente representan una mayor proporción de individuos en las camadas de cerdas hiperprolíficas.

En conclusión la reducción en la mortalidad de lechones durante la etapa de lactancia deberá buscarse mediante el manejo de diversos factores como: nutrición, instalaciones, disminución del estrés, selección genética, manejo y cuidados periparto.

Factores que afectan la mortalidad predestete

Uno de los principales mecanismos por los cuales la mortalidad predestete sucede durante las primeras horas posparto es la relación hipotermia ↔ bajo consumo de calostro, lo que causará que el lechón entre en un estado de letargo, durante el cual el lechón instintivamente buscará el calor de la madre, aumentando la probabilidad de aplastamiento y la muerte del lechón (Weary *et al.*, 1996).

La termorregulación en lechones está estrechamente relacionada con su peso al nacimiento, los lechones de bajo peso presentan una mayor susceptibilidad de entrar a un estado de hipotermia, esto porque el tamaño corporal se encuentra en una relación inversamente proporcional con la pérdida de calor por unidad de peso (Herpin *et al.*, 2002), el peso al nacer y el índice de masa corporal se relacionan de manera positiva con la temperatura del lechón después del parto (Baxter *et al.*, 2008).

Los niveles de estrés en cerdas antes del parto pueden ocasionar una baja en la concentración de IgG en el calostro (Machado-Neto *et al.*, 1987), lo que se asocia a una deficiente inmunidad adquirida por parte del lechón, demostrada a través de títulos de anticuerpos bajos en el suero de estos animales (Tuchscherer *et al.*, 2002) dando paso a una mayor susceptibilidad de enfermedad y muerte durante la lactancia.

Una importante causa de la variación de peso en las camadas con un gran número de lechones es la insuficiencia placentaria, debido a la restricción del crecimiento dentro del medio uterino pobre, lo cual se puede relacionar el bajo peso con una mayor cantidad de lechones por camada.

La placenta de los mamíferos es un órgano temporal fundamental para la gestación. Se forma por aposición de membranas fetales y tejidos maternos. Su principal función consiste en regular el intercambio fisiológico entre el feto y la madre, aunque también tiene una importante función como órgano endocrino. Los tejidos placentarios, en especial los de origen fetal, establecen una barrera para evitar la mezcla de la sangre fetal con la materna.

De forma esquemática la placenta se compone de dos partes: la porción materna compuesta por mucosa uterina modificada y la porción fetal o corion (corioalantoides o amniocorion) provisto de vellosidades. La placenta porcina se caracteriza por ser epiteliocorial, difusa, plegada y no invasiva.

El componente materno de la placenta se origina del endometrio de la cerda gestante y se desarrolla mediante una superficie con surcos o fosas que se extienden en una serie de ondulaciones conocidas como pliegues primarios; cuando la gestación avanza, se

desarrollan en la unión feto-materna una serie de ondas, los pliegues secundarios y terciarios, incrementando así el área de superficie de contacto mutuo.

Sobre estas fosas se entrelazan los numerosos y complejos pliegues del corion fetal conformando las vellosidades primarias, secundarias y terciarias. Las vellosidades están constituidas por una capa de células epiteliales, denominada trofoblasto, y en íntimo contacto con las células epiteliales del endometrio materno conformando la interfase feto-materna, y hacia el feto por tejido conectivo, el corion propiamente dicho. Además, la placenta porcina presenta en su superficie unas estructuras denominadas areolas, diferenciables histológicamente alrededor del día 18 de gestación.

Las vellosidades placentarias conforman grandes superficies a través de las cuales se intercambian los nutrientes entre la madre y el feto. Dichas estructuras se acompañan de un fenómeno de neoformación de vasos sanguíneos, a fin de brindar el soporte necesario a la sobrevivencia de los embriones/fetos.

El número de areolas y su densidad son factores que determinan de manera significativa sobre la sobrevivencia del lechón durante la gestación y el periodo periparto. Las areolas son los sitios principales donde se transfieren los nutrientes de la madre al feto, la disponibilidad de proteína es determinante en el desarrollo del producto, por lo que a existir una cantidad mayor de areolas se considerará que el medio ambiente uterino es más adecuado para el desarrollo del feto, consecuencia de esto es que la viabilidad y sobrevivencia del lechón serán impactadas de forma positiva.

De la placenta no sólo dependen la concepción, la sobrevivencia de los embriones y el éxito de la gestación, sino que también define en buena medida las posibilidades de sobrevivencia postnatal de los lechones.

En un estudio realizado por Baxter *et al.* (2008), se señala que las características que debe reunir un lechón para lograr su sobrevivencia son: buscar la ubre, vitalidad, asegurar la posición de un pezón funcional, una ingesta de calostro adecuado para adquirir energía y preservar su homeotermia, sin embargo estas características son exclusivas del lechón y se debe tener en cuenta que las características de la cerda y el medio ambiente también ejercen

su efecto sobre la mortalidad predestete. Así mismo, señala que otro factor que afecta la sobrevivencia del lechón es el orden de expulsión durante el parto, debido a que la viabilidad se ve disminuida en los lechones que nacen más tarde en el orden de expulsión.

La mortalidad predestete constituye un doble problema, ya que además de la implicación productiva que recurrentemente es señalada en trabajos similares, la tendencia cada vez más generalizada entre el público, es el creciente interés por el bienestar animal, que implica un segundo punto de preocupación no menos importante, ya que eventualmente puede impactar significativamente en el consumo de cerdo.

La mortalidad predestete es un fenómeno de características multifactoriales (**Figura 7**), dichos factores son dinámicos y pueden agruparse en los relativos a la cerda, al lechón o al medio ambiente y de sus múltiples combinaciones dependerá la sobrevivencia o muerte del lechón.

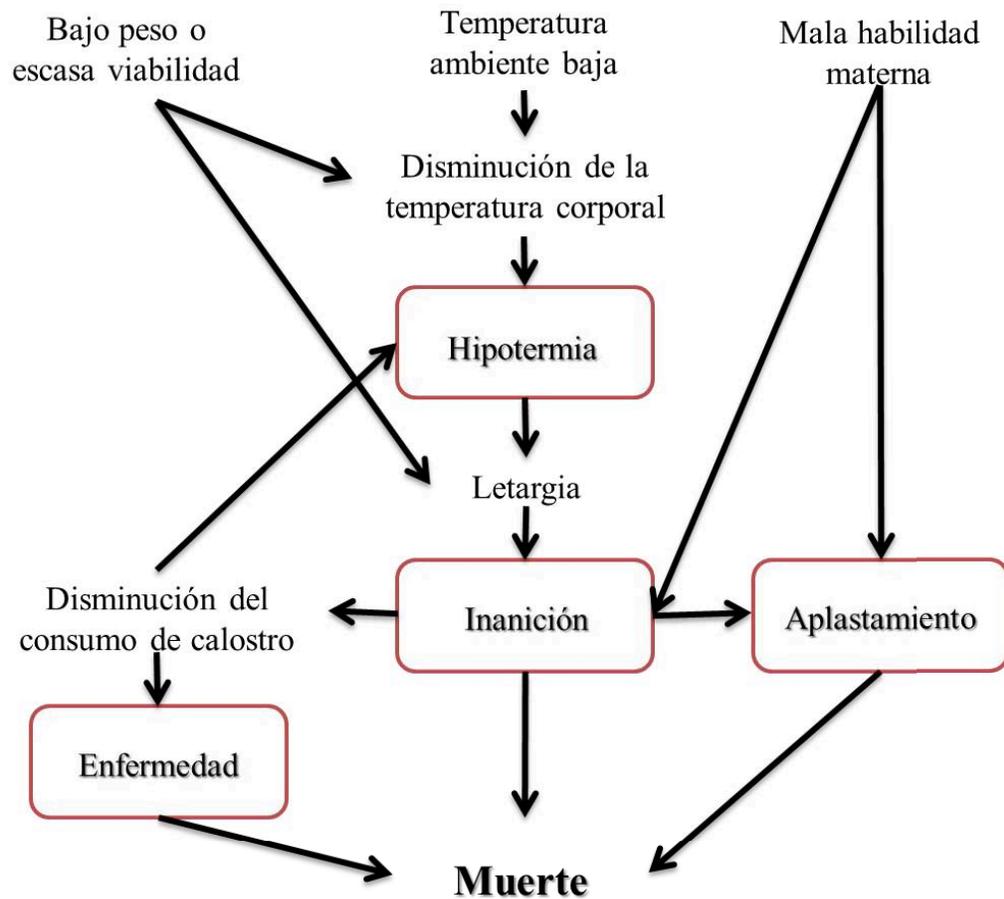


Figura 7. Interacciones en el complejo enfriamiento, inanición, enfermedad y aplastamiento. (Edwards, 2002).

Una alternativa para disminuir las tasas de mortalidad relacionada al complejo enfriamiento, inanición, enfermedad y aplastamiento sería la posibilidad de iniciar una selección de pie de cría orientada a un mayor peso al nacimiento, sin embargo podría impactar de manera negativa en el tamaño de camada.

La búsqueda de la eficiencia en la empresa porcina ha conducido a buscar diversas maneras de disminuir la mortalidad predestete. Para lograrlo las estrategias se deben basar en los tres grupos en los que se engloban los factores que determinan la muerte del lechón e incluyen diseño de instalaciones, selección de hembras con habilidad materna, reacomodo y

homogenización de camadas de acuerdo al peso del lechón (Cronin y Smith, 1992; Edwards y Fraser 1997).

El confinamiento de la hembra a jaulas de maternidad durante el parto y la lactancia es una de las medidas tomadas para la disminución de la mortalidad de lechones. Como se ha mencionado, la mayor cantidad de muertes de lechones se relaciona al aplastamiento por la cerda (Dyck y Swierstra, 1987; Damm *et al.*, 2005), debido a esto se ha realizado el diseño de jaulas de maternidad buscando reducir el movimiento del animal y consecuentemente disminuir las probabilidades de aplastamiento de los lechones.

Sin embargo, algunas tendencias actuales y la formalización de algunas normas como es el caso de la Unión Europea relativas al bienestar animal, impiden el uso de ese alojamiento al considerarlo una limitante para la conducta materna. Aunque no es el objetivo de este trabajo se debe señalar que algunos autores afirman que la maternidad sin jaulas puede resultar positiva para la sobrevivencia de los lechones al permitir una selección de hembras por su comportamiento materno, el cual se ve reducido y sus efectos enmascarados por el efecto del uso de jaulas (Jarvis *et al.*, 2005).

Factores que afectan el peso al destete

Los animales que sufren crecimiento intrauterino restringido presentan una mayor morbilidad y mortalidad perinatal (D'Inca *et al.*, 2010). En el caso específico de los cerdos la utilización de hembras reproductoras de líneas hiperprolíficas, como es lógico, ha significado el aumento del número de lechones nacidos totales, sin embargo, las consecuencias desfavorables de esta práctica son una marcada disminución del peso promedio al nacimiento y el aumento en la variabilidad en el peso al nacer de los animales dentro de la camada (Quiniou *et al.*, 2002).

Una capacidad reducida para la transferencia placentaria de nutrientes, tendrá como consecuencia un bajo suministro al feto, lo cual implica baja tasa de crecimiento fetal y que impacta en el peso al nacimiento, indicador que a la fecha se considera el más importante predictor de la sobrevivencia del lechón y de la conformación del cerdo adulto (Roehe *et al.*, 2000).

Los lechones que desarrollan durante la gestación en un ambiente intrauterino restringido, son animales que generalmente nacen débiles y la mayoría mueren durante los primeros días de vida (Milligan *et al.*, 2002).

Los lechones de bajo peso al nacimiento muestran tasas de ganancia de peso menos eficientes, esto incrementa la variación de peso dentro de la camada y además los sitúa en un mayor riesgo de muerte durante la lactancia (Milligan *et al.*, 2002; Quiniou *et al.*, 2002).

En camadas con gran variación de pesos al nacimiento, donde se mantienen lechones clasificados de bajo peso con otros de mayor peso, los indicadores de la variación aumentarán gradualmente durante el transcurso de la lactancia (Bilkei y Biro, 1999).

Durante la etapa de lactancia la cerda requiere movilizar una parte importante de sus reservas corporales, esto para destinarlo a la producción láctea, esta situación es de particular interés en cerdas primíparas, debido a que esta hembra requiere energía para su propio desarrollo corporal. Según estudios como el realizado por Carney-Hinkle *et al.* (2013), los lechones nacidos de cerdas primíparas tuvieron un peso promedio al nacer menor en comparación a cerdas de mayor paridad. Por otra parte, estas cerdas tienen una menor producción de leche (Beyer *et al.*, 2007) por consiguiente se destetan camadas con menor peso.

Al realizar el reacomodo de lechones, el crecimiento y la ganancia de peso pueden aumentar además de minimizar el efecto de agentes patógenos presentes en el área de maternidad (Holtcamp, 1998).

Un aspecto fundamental que se debe tener en mente al realizar el reacomodo de lechones es siempre contemplar el número de pezones funcionales del que disponga cada cerda, ya que de esto dependerá la cantidad de lechones que pueda criar durante la lactancia (Bilkei *et al.*, 1993).

Comportamiento materno

El cerdo doméstico (*Sus scrofa*) es un mamífero omnívoro que naturalmente vive en grupos de entre ocho y diez hembras adultas, un número similar de hembras jóvenes y en los alrededores del grupo unos cuantos machos solitarios (Jensen, 1986).

En condiciones de granja comercial la cerda recibe un manejo reproductivo estricto donde generalmente después de un periodo de “aclimatación” a la granja, la cerda será inseminada por primera vez entre los siete a nueve meses de edad, la gestación tendrá una duración de 114 días en promedio, alrededor del día 110 la cerda gestante es trasladada del área de gestación al área de maternidad, donde será confinada a una jaula paridera que limitará significativamente su movimiento y donde transcurre el periodo de lactancia.

Desde la introducción de la jaula de maternidad, alrededor de la mitad del siglo pasado, un falso argumento que se ha utilizado para el uso de este instrumento, es: que la cerda moderna no tiene la capacidad o la necesidad de construir nido antes del parto debido al alto grado de domesticación y selección que ha logrado esta especie. Sin embargo, existen estudios que han probado que ésta es una creencia errónea (Algers y Uvnäs-Moberg 2007).

El comportamiento materno de la cerda ha sido la fuente de interés para diversos investigadores, quienes a través de su conocimiento plantean alternativas para mejorar la eficiencia productiva de la empresa porcina, disminuyendo la pérdida de lechones y mejorando indicadores como la ganancia de peso durante la lactancia (Algers y Uvnäs-Moberg 2007).

En la naturaleza las funciones del nido son brindar un refugio, escondite para la cerda y los lechones, además de proveer un sitio cómodo para el parto y que además proveerá un medio de termorregulación, donde los lechones estarán protegidos en alguna medida de la pérdida de temperatura. Las fases de la construcción se pueden dividir en dos etapas bien diferenciadas: la fase inicial con las conductas de hozar, excavar y una fase tardía donde la cerda recolectará y transportará material vegetal hasta el lugar y ahí lo ha de organizar formando el nido (Jensen, 1993).

Según lo descrito por Algers y Uvnäs-Moberg (2007) en vida silvestre la cerda gestante busca separarse de la piara un par de días antes del parto con la finalidad de buscar un refugio que la proteja de las inclemencias del clima como la lluvia o el viento, además que tenga un drenaje adecuado y con un suelo donde ella pueda cavar un agujero de escasa profundidad. Durante las 24 horas previas al parto inicia propiamente la construcción del nido y se vuelve una tarea mucho más intensa entre 12 y 6 horas antes de iniciar el parto. La edificación del nido se lleva a cabo en dos etapas, en la primera la cerda excava un agujero poco profundo donde al centro colocará una escasa cantidad de ramas y arbustos, que reúne a partir de la vegetación circundante y una cantidad mayor a los bordes del agujero, a manera de barreras. En la segunda etapa la cerda reúne material vegetal de textura blanda tal como hierba, pasto o paja, los cuales distribuye dentro del nido con ayuda de sus patas delanteras y con el hocico, este material fungirá como cama.

Algunas investigaciones han logrado demostrar que el comportamiento de anidación del cerdo no se ha abatido, ya que cuando se le permite, cerdas multíparas que han sido criadas en condiciones de granjas comerciales con experiencia de partos dentro de jaulas de maternidad, al ser expuestas a condiciones seminaturales, son capaces de localizar sitios adecuados y de construir nidos, además de mostrar comportamientos similares a cerdos salvajes como el jabalí (Gustafsson *et al.*, 1999).

El comportamiento materno resulta sumamente importante para la sobrevivencia del lechón especialmente durante su primer día de vida, durante el cual sucede la mayor cantidad de decesos, los cuales son causados por aplastamiento de la cerda al realizar cambios de posición (Weary *et al.*, 1996; Edwards, 2002).

La reacción normal de un lechón cuando queda atrapado bajo su madre es comenzar a emitir un grito constante (siempre que su cabeza, hocico o tórax no queden atrapados) con la finalidad de hacerle saber a la madre que lo está lastimando. La madre generalmente (aunque no en todos los casos) reacciona levantándose para liberar al lechón (Illmann *et al.*, 2015).

Otro aspecto relevante para la sobrevivencia del lechón es la capacidad de la cerda para cubrir la demanda de calostro y posteriormente leche para la correcta adquisición de inmunidad y nutrición del lechón (Farmer y Quesnel, 2009).

Esta capacidad no se refiere solamente a la cantidad de calostro o leche que pueda producir la cerda, ni a la habilidad del lechón para determinar la posesión de un pezón funcional, si no a la facilidad de la cerda de permitir el acceso de las crías a la ubre, transitar y permanecer en esta zona, donde además de obtener su alimento puede significar un ambiente cálido y seguro (Pedersen *et al.*, 2003; Vasdal *et al.*, 2009).

Algunos autores han sugerido que las características a considerar en una cerda con buen comportamiento materno son: hembras con pocos cambios de postura después del parto, que atienden de manera inmediata las vocalizaciones del lechón cuando son causadas por aplastamiento, que además facilite el acceso de los lechones a la ubre y permita que estos permanezcan dentro de esa zona (Fraser, 1984; Weary *et al.*, 1998; Andersen *et al.*, 2005; Illmann *et al.*, 2015).

Efectos negativos del aumento en el tamaño de camada

Según lo publicado por Baxter *et al.* (2013), las camadas pueden ser clasificadas de manera nominal en categorías según el número de lechones que la conforman:

- Camadas menores de seis animales puede considerarse como anormalmente pequeñas y en explotaciones conformadas por cerdas de líneas reproductoras modernas, la presencia de éstas, se puede asociar a patologías subyacentes que afectan la productividad de la piara, como el caso de brotes activos en granjas positivas al virus de PRRS, brote primario de una enfermedad de nuevo ingreso a la granja, condiciones inadecuadas de instalaciones, mala calidad de semen, mala conservación del semen, problemas nutricionales, problemas técnicos en la realización de manejos (reproductivos principalmente), entre otras; dependiendo del comportamiento epidemiológico de aparición de estas camadas pequeñas será la implicación productiva para la explotación.

- Camadas de entre siete y trece lechones se pueden clasificar como medianas, y cuyo límite superior ha sido establecido de acuerdo al promedio de pezones funcionales con los que cuentan las cerdas reproductoras provenientes de líneas genéticas actuales.
- Camadas de entre 14 y 20 lechones son clasificadas como grandes.
- Las de 21 o más lechones son clasificadas como muy grandes.

Rutherford *et al.* (2013), señala que el aumento de tamaño de camada tiene implicaciones negativas sobre la producción y el bienestar en la industria porcina ya que camadas numerosas se asocian a un aumento en la tasa de mortalidad de lechones. Debido a causas crónicas que producen sufrimiento prolongado, en este orden de ideas la competencia por el acceso a alimento puede generar que algunos de los animales de la camada no tengan acceso adecuado a leche materna, lo que además de una deficiente ganancia de peso causa predisposición a enfermedades y problemas a largo plazo.

Además el incremento de camadas numerosas se ha asociado a efectos perjudiciales sobre la hembra reproductora, debido al desgaste producido por la enorme producción de leche requerida para sustentar las necesidades de mantenimiento y crecimiento de un gran número de crías. Aunado a esto la tendencia de la cerda moderna a mantener bajos consumos de alimento durante la lactancia (o al menos inferior a las necesidades de producción láctea) la llevan a estados catabólicos que aumentan de manera dramática las tasas de reemplazo de la granja.

Las estrategias de mitigación de los efectos negativos sobre la madre incluyen la nutrición y el manejo alimenticio de la cerda. Además de ciertas estrategias que se llevan a cabo cuando el número de lechones por camada superan la capacidad de la cerda, un ejemplo claro de este tipo de situación es cuando la camada se compone por un mayor número de lechones que pezones funcionales.

Como estrategias de manejo para disminuir los efectos negativos de camadas numerosas se realizan de manera cada vez más común en granjas porcinas el reacomodo de camadas, donde se puede homogenizar el número y/o el peso de los lechones que la conforman, el

uso de cerdas nodrizas, destete precoz selectivo, métodos de crianza artificial, y cada vez más en desuso el descolmillado de lechones, entre otras.

Como regla general cuando una cerda pare un número de lechones menor al número de pezones funcionales que tiene, poca o ninguna acción se realiza, debido a que es amplia la oportunidad que cada lechón tiene para adueñarse de un pezón funcional y adquirir una fuente de alimento.

El número de pezones de una cerda tiene una fuerte influencia de la raza, por ejemplo razas chinas como la meishan tienen 18 pezones funcionales en promedio, sin embargo pueden llegar a registrar hasta 20, que resultan adecuadas de acuerdo al tamaño de camada, generalmente grande en esta raza (Bazer *et al.*, 2001; Ding *et al.*, 2009).

Un problema recurrente en granjas porcinas, es la pérdida de pezones funcionales debido a lesiones causadas por instalaciones o por los propios lechones cuando existe un desequilibrio en la relación entre el número de estos que supera la cantidad de pezones disponibles. Además, también puede existir la dificultad de acceso a estos, por ejemplo debido a su situación anatómica: los más caudales generalmente son obstruidos por las piernas de la cerda. En ocasiones el diseño de la jaula de maternidad dificulta su acceso, ejemplo de esto es que en ocasiones la barrera salva lechones se convierten en obstáculos hacia ellos cuando los lechones alcanzan cierto desarrollo corporal (Fraser y Thompson 1986; Pedersen *et al.*, 2011).

Justificación

El uso de hembras reproductoras de líneas hiperprolíficas en la industria porcina ha propiciado el aumento del tamaño de camada, sin embargo, esto se ha asociado a una disminución en el peso individual promedio al nacimiento y al aumento en la variación del peso al nacer de los lechones de camadas numerosas, dando paso a un aumento en la proporción de lechones muertos durante la lactancia (De Vos *et al.*, 2014); esta problemática obliga a la búsqueda de alternativas que disminuyan el número de decesos de lechones en esta etapa, dos alternativas que sugieren aumentar la sobrevivencia de lechones de bajo peso son: la administración de calostro porcino suplementario o de sustitutos energéticos comerciales. Por lo que es necesario evaluar el efecto de estos tratamientos sobre la mortalidad en lactancia, ganancia de peso, peso promedio y presencia de diarrea en lechones de bajo peso.

Hipótesis

La administración a través de sonda gástrica de calostro porcino complementario o de un producto energético comercial especializado a lechones de bajo peso (≤ 1.200 kg), incrementará: la sobrevivencia durante la lactancia, el peso promedio a los 3, 7, 14 y 21 días y la ganancia de peso a los 1 y 21 días; así mismo disminuirá la presentación de diarreas. Finalmente, la utilización de sonda gástrica será inocua para el lechón.

Objetivos

Evaluar los efectos de la administración complementaria de calostro porcino o de un producto energético comercial especializado a lechones de bajo peso (≤ 1.200 kg) sobre las variables mortalidad predestete, presentación de diarreas y peso promedio (3, 7, 14 y 21 días), en condiciones de cría de una granja comercial de producción.

Conocer si el uso de una sonda gástrica para la administración de los tratamientos resulta inocua para el lechón.

Evaluar económicamente la factibilidad del uso de estos tratamientos.

Materiales y métodos

Sitio de estudio

El presente trabajo se realizó en una granja comercial ubicada en la localidad de Ciénega de Galvanes, Municipio de Jesús María, Estado de Jalisco (**Figura 8**). El municipio se localiza al extremo oriente del estado de Jalisco, limita al norte y noroeste con Arandas, Jalisco; al sur y sureste con Degollado, Jalisco; al este con Manuel Doblado, Guanajuato; y al suroeste con Ayotlán, Jalisco; tiene una superficie de 569.88 kilómetros cuadrados (H. Ayuntamiento de Jesús María Jalisco, 2005).

La localidad de la Ciénega de Galvanes se encuentra situada en el km 27 de la carretera Federal No. 37, en el tramo “La Piedad–Manuel Doblado”, se localiza a una altura de 1881 metros sobre el nivel del mar, sus coordenadas geográficas son Longitud: 20° 34' 30", Latitud: -101° 58' 12"; su clima se clasifica como semiseco y semicálido, el poblado tiene una población de 54 hombres y 60 mujeres (INEGI 2010).



Figura 8. Localidad de La Ciénega de Galvanes, Jalisco, México. (Google Inc., 2015).

La granja funciona en un esquema de ciclo completo con 385 hembras reproductoras, tiene un sistema de producción intensivo y se clasifica como tecnificada, con un rango de 18 a 20 partos por semana.

La maternidad se compone por siete salas, de las cuales cuatro tienen capacidad para 18 cerdas y tres pueden alojar 15 hembras. Cada sala está equipada con jaulas individuales ajustables de 179 a 187 cm de largo, 99 cm de altura y 90 cm de ancho. La jaula está provista con barreras salva lechones, bebedero tipo chupón y comedero tipo canoa de acero inoxidable, están equipadas con fuentes de calor infrarrojas y tapetes de hule laterales para proveer un área de confort térmico a los lechones (**Figura 9**).

Las salas de maternidad están habilitadas con un sistema de control de temperatura interna mediante sistema de extracción de aire con sensor térmico, encendido automático y doble plafón aislante.



Figura 9. Instalaciones usadas en este estudio.

Número de repeticiones y tamaño de muestra

El número de repeticiones fue calculado mediante el Método de Tang versión escenarios (Kuehl, 2001), en el cual se plantean $t-1$ escenarios, donde t es el número de tratamientos, en este caso $t = 4$ tratamientos, por lo tanto $t-1 = 3$ escenarios.

Siguiendo la metodología de Tang descrita en Kuehl, (2001) se obtuvieron valores esperados de β (probabilidad de error tipo II) para cada uno de los escenarios. Se buscó un número de repeticiones donde en cada situación planteada el valor del β fuera menor o

cercano a 0.10, para el presente estudio el valor fue 24 repeticiones por tratamiento ($r = 24$, **Figura 10**).

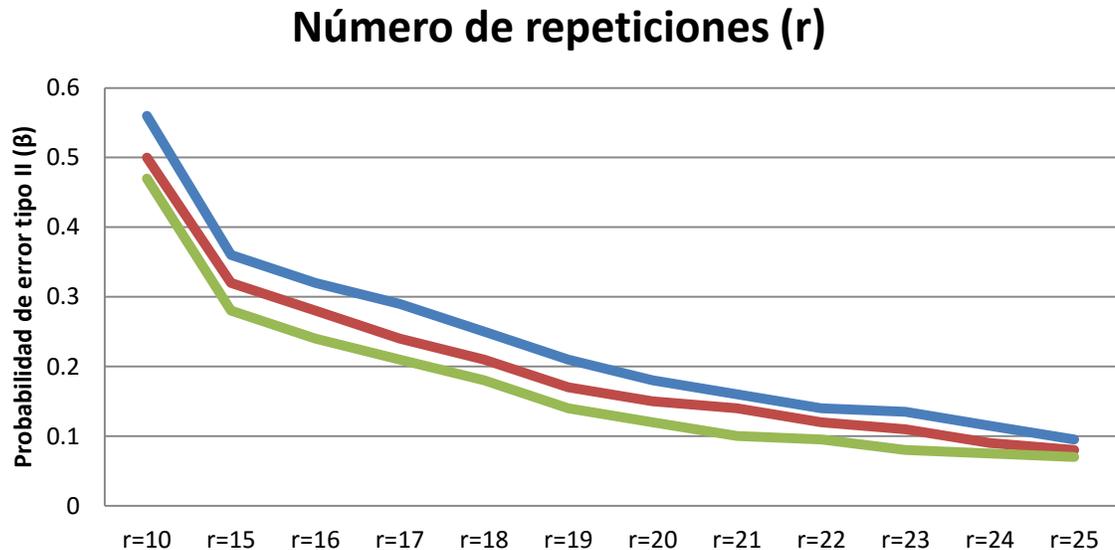


Figura 10. Probabilidad de error tipo II (β) bajo $t - 1 = 3$ escenarios.

El tamaño de muestra n fue calculado mediante la fórmula: $n = r (t)$, siendo $n = 24 (4) = 96$.

Animales experimentales

Noventa y seis lechones de bajo peso al nacer (≤ 1.2 kg) fueron utilizados en el presente trabajo. Los lechones se organizaron en camadas homogéneas de doce lechones y fueron reacomodados con cerdas de segundo parto con doce pezones funcionales.

Los lechones fueron asignados al azar en uno de cuatro tratamientos experimentales ($n = 24$ lechones/ tratamiento) al momento del parto (antes que pudiera ingerir calostro de la madre) para lo cual dentro de cada camada se asignó a tres lechones por tratamiento.

Cada lechón fue identificado mediante la implantación de aretes de identificación auriculares con una numeración consecutiva ascendente (**Figura 11 A y B**).



A



B

Figura 11: A) Aretes y aretadora utilizados para la identificación de los lechones participantes en este estudio. B) Lechones identificados mediante aretado.

Cada camada se formó con lechones clasificados como viables según la tabla de clasificación presentada por Mota-Rojas *et al.* (2005), la cual se basa en la observación por un tiempo de 5 minutos del lechón a partir del parto y la suma de una puntuación obtenida a partir de cinco variables de interés evaluadas: frecuencia cardiaca, tiempo transcurrido en respirar, tono muscular, color, tiempo para estar en pie (**Cuadro 4**).

Cuadro 4. Escala de viabilidad neonatal.

Variables del lechón	Escala de calificación de viabilidad (Puntos)		
	0	1	2
Frecuencia cardíaca	Ausente	< 120 /min ⁻¹	> 120 /min ⁻¹
Tiempo transcurrido en respirar	>1 min	16 a 59 s	<15 s
Tono muscular	Flácido	Pobre	Buena
Color	Pálido	Cianótico	Rosado
Tiempo en estar de pie	>5 minutos	1 a 5 minutos	<1 minuto

Fuente: Mota-Rojas *et al.*, 2005

Definiendo como: lechón no viable al que obtenga una puntuación menor a 6; lechón viable el que obtenga una puntuación mayor a 6; lechón nacido muerto aquel en el que la frecuencia cardíaca esté ausente durante los 5 minutos de observación.

Los lechones más pesados fueron reacomodados en camadas que no participaron en este estudio. Todos los lechones recibieron el manejo estándar de la granja desde el parto hasta el destete.

Tratamientos

En el presente trabajo los tratamientos consistieron en:

Tratamiento 1 (Cal_comp): Administración de 15 ml/kg de calostro porcino (Bjornvad *et al.*, 2008, Muns *et al.*, 2014) mediante sonda gástrica de alimentación neonatal a través del esófago en dos tomas, la primera al momento del parto y la segunda dos horas después de la primera.

Tratamiento 2 (Ener_co): Administración de dos dosis de 2 ml de un suplemento nutricional energético comercial (Enerpig ®: Triglicéridos de cadena media, Jarabe de

glucosa, Calostro, Vitamina C, Vitamina A, Vitamina D3, Nicotinamida, Vitamina B2, Vitamina B6, Vitamina B1, Vitamina B12, Ácido sórbico, Hierro (sulfato) (E-1), *Bacillus licheniformis* y *Bacillus subtilis*) (E-1700), Extractos de plantas (guaraná, kola), Aroma leche vainilla), la primera al momento del parto y la segunda dos horas después de la primera.

Tratamiento 3: (Control_pos) Grupo control positivo, al cual se les administraron 2 ml de agua potable mediante sonda gástrica en dos tomas, la primera al momento del parto y la segunda dos horas después de la primera.

Tratamiento 4 (Control_neg): Grupo control negativo: No recibieron ningún tratamiento, solo se les midieron las variables de interés.

Las sondas utilizadas para la administración de los tratamientos 1 a 3 fueron sondas de PVC grado médico para alimentación neonatal medida 8Fr x 38.5 cm (**Figura 12**), se utilizaron tres sondas por camada, a razón de una por cada tratamiento (una sonda se utilizó en los tres lechones de cada tratamiento) después de su uso fue lavada, desinfectada mediante la inmersión en dilución de cloro al 3% y después desechadas en la basura municipal.

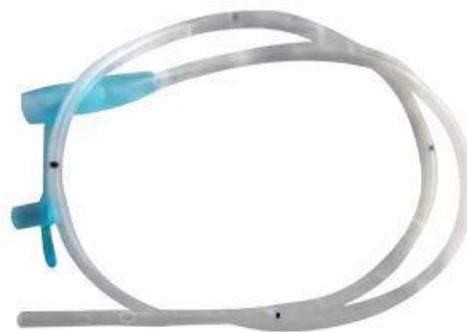


Figura 12. Sonda de alimentación neonatal infantil corta de PVC transparente, con orificio en la punta y lateral, grado médico, talla 8Fr x 38.5 cm. Ultratec ®.

El sondeo de lechones se realizó sujetando la cabeza del animal con la mano izquierda, y con los dedos índice y pulgar se realizó presión gentil en las comisuras del hocico, manteniendo al lechón con una postura recta de la columna y una ligera elevación de la cara. La punta de la sonda, se lubricó con el líquido del tratamiento correspondiente, utilizando la mano derecha se introdujo 10 cm. Una vez realizado el sondeo se administró el tratamiento correspondiente con ayuda de una jeringa (**Figura 13**).



Figura 13. Técnica de sondeo de lechones de bajo peso.

Obtención y manejo de calostro porcino

El calostro fue previamente obtenido de forma manual a partir de cerdas de quinto y sexto parto de la misma granja que no participaron en el experimento, este se colectó inmediatamente al concluir el parto, para lo cual se administró una dosis de 20 UI de oxitocina I.V. (Lin *et al.*, 2009) a través de la vena central de la oreja, se conservó en congelación a -3°C en botellas plásticas de 100 ml de capacidad. Para administrarlo a los lechones se descongeló en baño María a 36°C por 30 minutos.

Distribución de la variable “peso al nacimiento” en lechones

Antes de iniciar el estudio se identificó la distribución de la variable peso al nacimiento bajo las condiciones de granja, para lo cual se utilizó el peso al nacimiento de los lechones nacidos en un periodo previo de seis semanas.

Con esta información se realizó una estratificación con objeto de determinar los límites para considerar tres estratos de pesos de lechones al nacimiento (Bajo, medio y alto) mediante el método de la estratificación óptima (EO) de Dalenius y Hodges (1959).

La EO, se realizó siguiendo una metodología que consta de dos fases: inicia con la formación de una tabla de frecuencias para datos agrupados y enseguida la formación de estratos. Con este fin se obtuvieron datos previos recientes del peso al nacimiento de 895 lechones.

Medición de variables de respuesta

Las variables de interés fueron mortalidad predestete, presentación de diarreas, peso promedio a 3, 7, 14 y 21 días y ganancia de peso a los días 1 y 21. Los eventos fueron monitoreados y registrados diariamente y para fines de comparación estadística se llevaron a cabo mediciones los días 1, 3, 7, 14 y 21 posparto.

La mortalidad predestete se midió como tasa de mortalidad, siendo el numerador la cantidad de lechones muertos por camada y el denominador el número de lechones reacomodados por camada. La mortalidad se registró diariamente, llevando a cabo la necropsia con el fin de identificar y clasificar la causa de muerte.

La presencia de diarrea fue monitoreada y registrada diariamente, se consideró como presencia o ausencia, la edad de aparición, individuos afectados, los días de duración, la resolución y los tratamientos administrados.

El peso promedio se obtuvo mediante la sumatoria de los datos de cada grupo y la división entre el número de observaciones para cada tratamiento a cada edad en la que el peso fue medido, mediante la siguiente fórmula:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k \frac{X_{ij}}{n_j}$$

Donde:

X_{ij} : Valor observado de la variable respuesta correspondiente a i -ésima repetición del j -ésimo tratamiento ($1 \leq i \leq 24$; $1 \leq j \leq 4$).

n_j : Valor correspondiente al número de observaciones de cada tratamiento ($n_j = 24$)

La ganancia de peso a los días 1 y 21 se obtuvo mediante la diferencia del peso en kg obtenido al día de la medición menos el peso registrado al nacimiento, según la siguiente fórmula:

$$GP = \text{Peso final} - \text{Peso inicial}$$

Análisis estadístico

Con base en los datos obtenidos a partir del experimento se realizó el análisis estadístico. Las variables peso promedio (3, 7, 14 y 21 días) y ganancia de peso durante la lactancia se analizaron mediante un diseño experimental en bloques aleatorizados cuyo factor de bloqueo fue la madre, con dos covariables: peso al nacimiento y ganancia de peso durante el primer día de vida, el modelo experimental correspondiente es:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \gamma (z_{ij} - \underline{z}_{..}) + \delta (w_{ij} - \underline{w}_{..}) + \delta_k + \varepsilon_{ijk}$$

$$1 \leq i \leq 4; 1 \leq j \leq 24; 1 \leq k \leq 8$$

Donde:

Y_{ijk} : Valor observado de la variable respuesta correspondiente a j -ésima repetición del i -ésimo tratamiento de k -ésimo bloque ($1 \leq i \leq 4$; $1 \leq j \leq 24$; $1 \leq k \leq 8$).

μ : Efecto de la media general, valor desconocido.

τ_i : Efecto del i -ésimo tratamiento ($1 \leq i \leq 4$).

γ : Coeficiente de regresión de la variable concomitante peso al nacimiento.

z_{ij} : j-ésima repetición del i-ésimo nivel de la variable concomitante peso al nacimiento ($1 \leq i \leq 4; 1 \leq j \leq 24$).

$\bar{z}_{..}$: Media general de la variable concomitante peso al nacimiento.

δ : Coeficiente de regresión de la variable concomitante ganancia de peso durante el primer día.

w_{ij} : j-ésima repetición del i-ésimo nivel de la variable concomitante ganancia de peso durante el primer día ($1 \leq i \leq 4; 1 \leq j \leq 24$).

$\bar{w}_{..}$: Media general de la variable concomitante ganancia de peso durante el primer día

δ_k : Efecto del factor de bloqueo madre ($1 \leq k \leq 8$)

ε_{ijk} : Término del error experimental correspondiente a la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento del k-ésimo bloque ($1 \leq i \leq 4; 1 \leq j \leq 24; 1 \leq k \leq 8$).

Los datos obtenidos fueron analizados mediante un análisis de varianza, utilizando el paquete estadístico JMP versión 10.00 © (SAS Institute Inc., 2012), el nivel de significancia usado para las pruebas estadísticas fue de $\alpha = 0.05$.

En el caso de las variables mortalidad predestete y presentación de diarreas, el análisis se realizó por medio de una prueba de homogeneidad de proporciones con el estadístico de prueba Ji-cuadrada.

Resultados

Distribución de la variable peso al nacimiento

Los resultados obtenidos del pesaje de 895 lechones, permitió identificar la distribución de pesos al nacimiento (**Figura 14**).

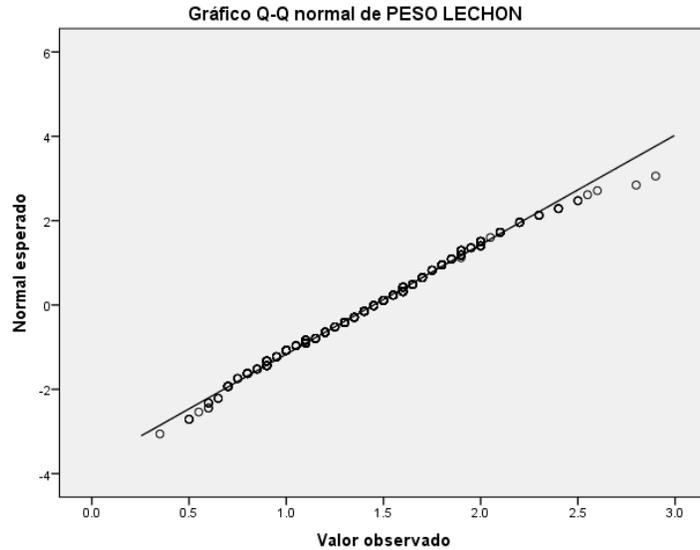


Figura 14. Distribución de la variable peso al nacer obtenida de 895 datos. Gráfica de residuales.

La estadística descriptiva numérica obtenida a partir de los datos recopilados durante este estudio observacional previo, permitió obtener las medidas de tendencia central y dispersión de la variable peso al nacer, las cuales son presentadas en el **Cuadro 5**.

Cuadro 5. Medidas de tendencia central y dispersión de la variable peso al nacer de lechones obtenidas de 895 datos.

	Estadístico	Error estándar
Media	1.449	0.013
Intervalo de confianza para la media 95%	Límite inferior	1.424
	Límite superior	1.474

Formación de estratos para la variable peso al nacer

Como lo indica la metodología propuesta por de Dalenius y Hodges (1959), en primer lugar se obtuvo la tabla de frecuencias acumuladas (**Cuadro 6**), la cual muestra la distribución de los datos con sus correspondientes frecuencias agrupando los valores en intervalos de la misma amplitud denominados clases. La frecuencia absoluta es el número de observaciones dentro de los valores de los límites de clase, frecuencia acumulada es la suma de frecuencias absolutas de la clase considerada con las inferiores y la frecuencia relativa acumulada es el resultado de dividir la frecuencia acumulada entre el número total de datos

Cuadro 6. Tabla de frecuencias acumuladas para la variable peso al nacimiento (g) de lechones bajo condiciones del sitio de estudio, obtenida a partir de 895 datos.

CLASE	LÍMITE DE CLASE		Frec.	Frec.	Frec. Rel.
	MIN (g)	MAX (g)	Abs.	Acum.	Acum.
1	300	600	5	5	0.0056
2	600	900	55	60	0.0670
3	900	1200	135	195	0.2179
4	1200	1500	257	452	0.5050
5	1500	1800	266	718	0.8022
6	1800	2100	129	847	0.9464
7	2100	2400	36	883	0.9866
8	2400	2700	10	893	0.9978
9	2700	3000	2	895	1.0000

Min.: Peso mínimo (g); Max.: Peso máximo (g); Frec. Abs.: frecuencia absoluta (conteo de observaciones dentro de los límites de clase indicados); Frec. Acum.: Frecuencia Acumulada (sumatoria de las observaciones de clases anteriores hasta la clase indicada); Frec. Rel. Acum.: Frecuencia relativa acumulada (proporción acumulada de observaciones de acuerdo a la clase indicada).

Posteriormente continuando con la metodología para la formación de estratos se procedió a la formación de tres estratos de peso al nacimiento de lechones (Bajo peso, peso promedio y peso alto). Los resultados obtenidos se muestran en el **Cuadro 7** y **Figura 15**.

Cuadro 7. Formación de tres estratos para la variable peso al nacimiento de lechones, límites de peso de cada grupo cerrado por la izquierda y abierto por la derecha, cuadro obtenido a partir de 895 datos.

ESTRATO	LÍMITE DE CLASE		OBSERVACIONES POR ESTRATO	%
	(g)			
	MIN	MAX		
BAJO PESO	300	1200	195	22%
PESO PROMEDIO	1200	1500	257	29%
PESO ALTO	1500	3000	443	49%

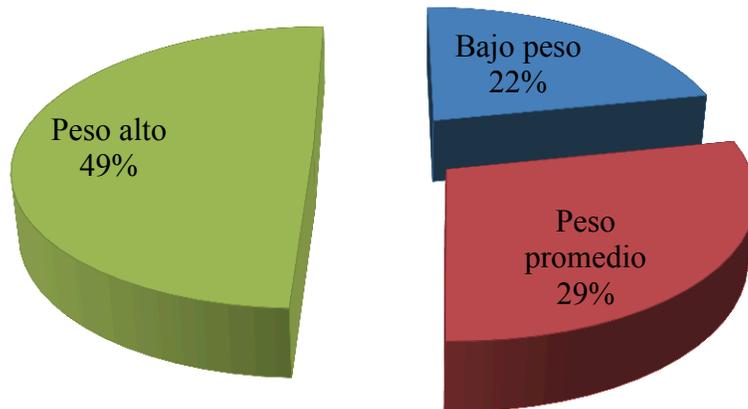


Figura 15. Proporción de casos por estrato para la variable de interés peso al nacimiento de lechones. Obtenida a partir de 895 datos.

Peso al nacimiento

A partir de los datos registrados de peso al nacer obtenidos a partir de 96 lechones de bajo peso utilizados en este experimento se obtuvo la estadística descriptiva numérica presentada en el **Cuadro 8**.

Cuadro 8. Estadística descriptiva numérica de la variable peso al nacimiento obtenida a partir de 96 lechones de bajo peso participantes en este estudio.

Media		1.030
Moda		1.200
Mediana		1.050
Varianza de la muestra		0.022
Desviación estándar		0.148
Error estándar		0.015
Intervalo de confianza al 95% para la media	Límite superior	1.060
	Límite inferior	1.000
Rango		0.600
Mínimo		0.600
Máximo		1.200

Variable mortalidad predestete

La mortalidad general registrada durante la realización del presente trabajo se situó en 13.54%, estos resultados pueden observarse en el **Cuadro 9**.

Cuadro 9. Valores observados para las variables sobrevivencia y mortalidad obtenidas de manera general.

	Observaciones	Probabilidad
Sobrevivencia	83	0.8646
Mortalidad	13	0.1354
Total	96	1

La principal proporción de casos de mortalidad fue observada dentro de las primeras 72 horas pos-parto, de manera acumulada en el periodo indicado se observó el 76.92% de la mortalidad total. El restante 23.07% de la mortalidad sucedió en los días 4, 11 y 16. Estos resultados se muestran en el **Cuadro 10**.

Cuadro 10. Edad de muerte, número de muertes y proporción que representan de la mortalidad total observada.

Edad de muerte	Número de muertes	Proporción de la mortalidad total
Día 0	5	38.46%
Día 1	2	15.38%
Día 2	3	23.08%
Día 4	1	7.69%
Día 11	1	7.69%
Día 16	1	7.69%
Total	13	100%

La mortalidad fue registrada y clasificada de acuerdo a su causa, al finalizar el periodo experimental seis causas de mortalidad fueron identificadas: Aplastamiento, inanición, timpanismo, agresión, asfixia y eutanasia. La **Figura 16** muestra la proporción que representa cada causa de mortalidad respecto a la mortalidad total observada durante la realización de este estudio.

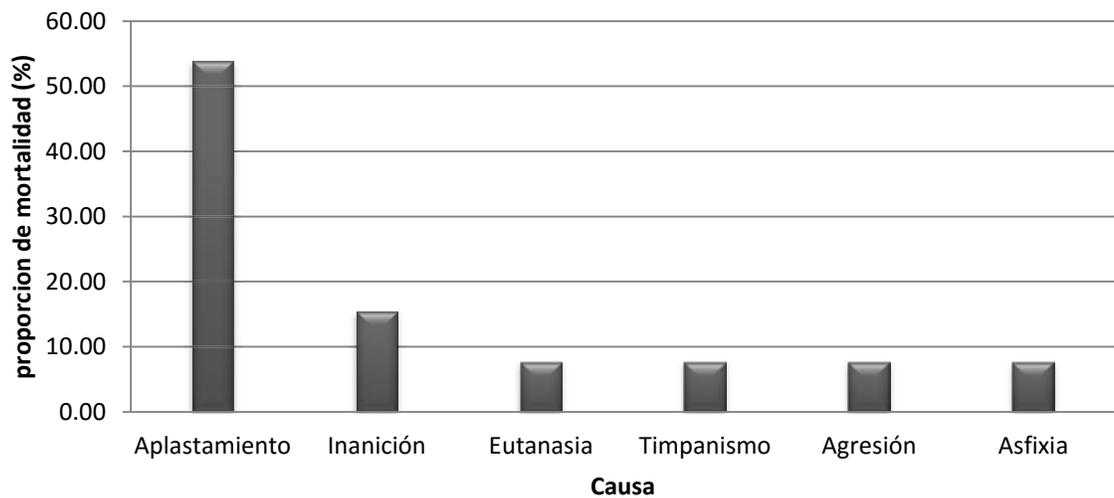


Figura 16. Proporción de la mortalidad total observada de acuerdo a cada causa identificada.

Los datos de mortalidad obtenidos y la causa en que fueron clasificados se muestran en la **Figura 17** de acuerdo a lo observado en cada tratamiento experimental.

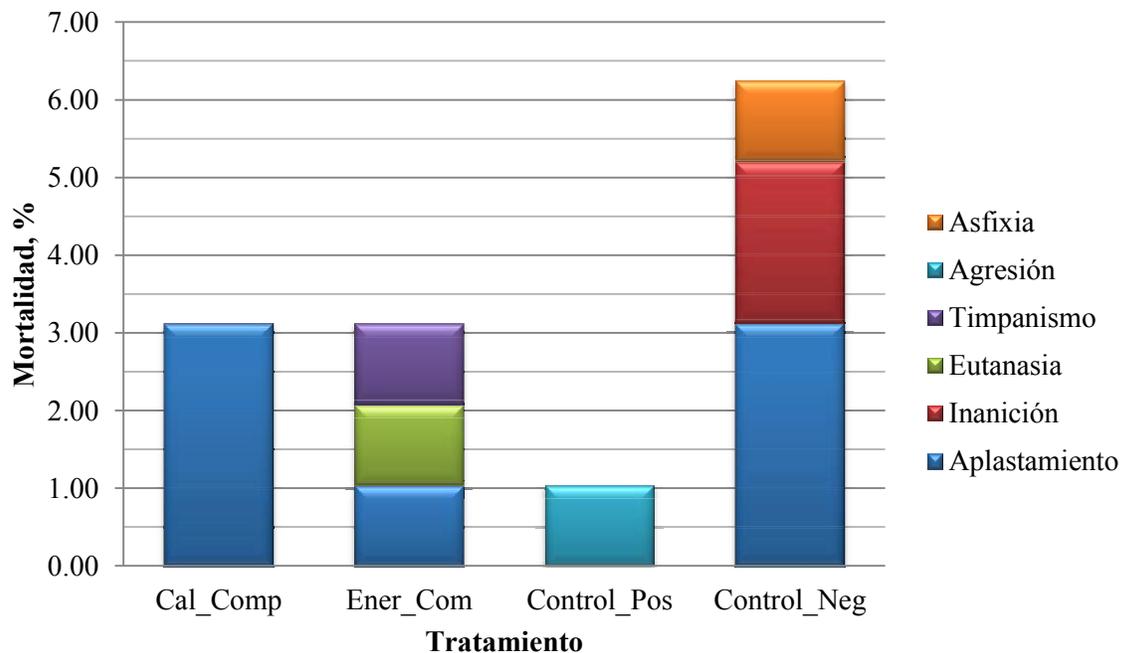
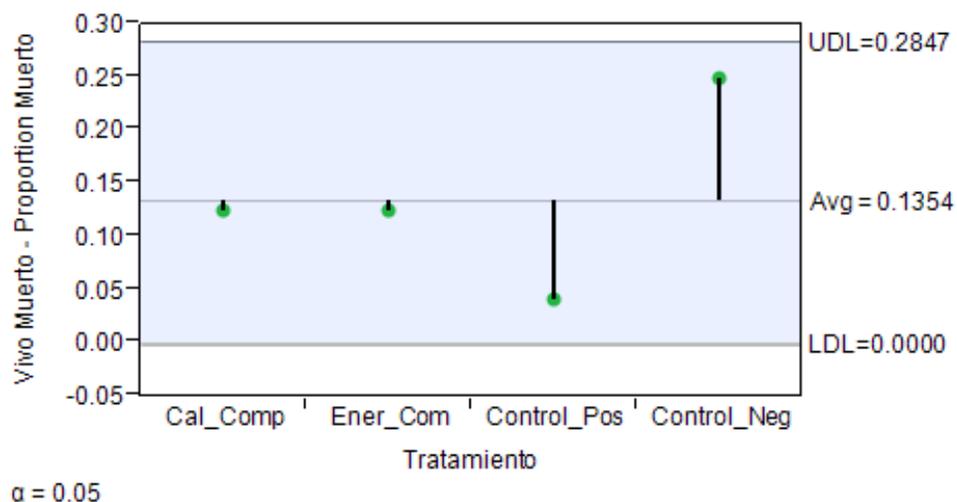


Figura 17. Porcentaje de mortalidad representado por cada causa registrada de acuerdo a cada tratamiento experimental. *Cal_Comp*: administración de dos tomas

de 15 ml/kg de calostro porcino complementario 2 hrs de diferencia; Ener_Com: administración de dosis de 2 ml de suplemento nutricional energético comercial (Enerpig ®) con 2 hrs de diferencia; Control_Pos: administración de dosis de 2 ml de agua potable con 2 hrs de diferencia; Control_Neg: control negativo.

A pesar de la diferencia numérica observada entre los tratamientos para la proporción de muertos (administración de calostro complementario [3.13%] administración de producto energético comercial [3.13%], control positivo [1.04%] y control negativo [6.25%]), a través del procedimiento estadístico realizado para la Ji-cuadrada de homogeneidad de proporciones, no se encontró diferencia significativa ($P = 0.2090$) entre los tratamientos para la variable de respuesta mortalidad predestete. Los promedios de las proporciones obtenidas del análisis estadístico se muestran en la **Figura 18**.

Figura 18. Análisis del promedio de la proporción de mortalidad de acuerdo a cada tratamiento.



Cal_Comp: administración de dos tomas de 15 ml/kg de calostro porcino complementario 2 hrs de diferencia; Ener_Com: administración de dosis de 2 ml de suplemento nutricional energético comercial (Enerpig ®) con 2 hrs de diferencia; Control_Pos: administración de dosis de 2 ml de agua potable con 2 hrs de

diferencia; Control_Neg: control negativo. UDL: Límite superior de confianza 95%; Avg: Promedio; UDL: Límite inferior de confianza 95%.

Variable presentación de diarreas

Durante la realización de este experimento no se presentó un solo caso de diarrea en los lechones utilizados, por lo que la hipótesis correspondiente no pudo ser contrastada.

Variable Peso a 3, 7, 14 y 21 días.

La **Figura 19** muestra el comportamiento del peso promedio de cada tratamiento de acuerdo a cada fecha que se realizó el pesaje de los animales.

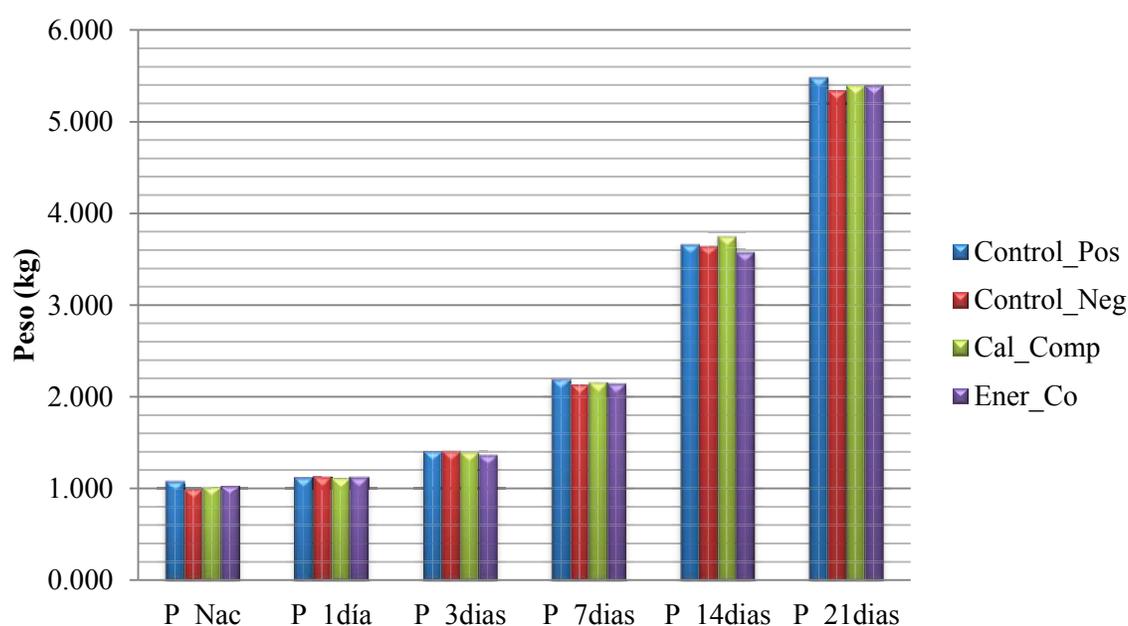


Figura 19. Peso promedio por tratamiento al nacimiento y a los 1, 3, 7, 14 y 21 días de vida del lechón. *Cal_Comp*: administración de dos tomas de 15 ml/kg de calostro porcino complementario 2 hrs de diferencia; *Ener_Co*: administración de dosis de 2 ml de suplemento nutricional energético comercial (*Enerpig*®) con 2 hrs de diferencia; *Control_Pos*: administración de dosis de 2 ml de agua potable con 2 hrs de diferencia; *Control_Neg*: control negativo.

De acuerdo a los datos obtenidos en este estudio, la variable de respuesta peso a 3, 7, 14 y 21 días no demostró diferencias significativas entre los diferentes tratamientos ($P > 0.05$), los resultados obtenidos del análisis estadístico se muestran en el **Cuadro 11**.

Cuadro 11. Promedio de peso \pm E.E. a 1, 3, 7, 14 y 21 días por cada tratamiento.

Edad	R ²	n	Control_Pos	Control_Neg	Cal_comp	Ener_co	P
			Media \pm E.E.	Media \pm E.E.	Media \pm E.E.	Media \pm E.E.	
Nacer		96	1.083 \pm 0.031	0.996 \pm 0.031	1.015 \pm 0.031	1.033 \pm 0.031	0.217
1día	0.894	90	1.116 \pm 0.013	1.130 \pm 0.013	1.111 \pm 0.013	1.125 \pm 0.013	0.739
3días	0.895	86	1.408 \pm 0.016	1.407 \pm 0.017	1.400 \pm 0.016	1.368 \pm 0.016	0.255
7días	0.718	85	2.194 \pm 0.048	2.130 \pm 0.053	2.158 \pm 0.050	2.143 \pm 0.049	0.823
14días	0.571	84	3.664 \pm 0.112	3.642 \pm 0.127	3.750 \pm 0.116	3.581 \pm 0.113	0.776
21días	0.510	83	5.487 \pm 0.148	5.343 \pm 0.167	5.400 \pm 0.154	5.399 \pm 0.153	0.933

Variable ganancia de peso a 1 y 21 días

De acuerdo a los datos obtenidos en este estudio, la variable de respuesta ganancia de peso a 1 y 21 días no demostró diferencias significativas entre los diferentes tratamientos ($P > 0.05$), los resultados obtenidos del análisis estadístico se muestran en el **Cuadro 13**.

Cuadro 12. Ganancia de peso \pm E.E. a 1 y 21 días por cada tratamiento.

Edad	R ²	n	Control_Pos	Control_Neg	Cal_comp	Ener_co	P
			Media \pm E.E.	Media \pm E.E.	Media \pm E.E.	Media \pm E.E.	
1día	0.4349	90	0.0848 \pm 9.85e-10	0.0864 \pm 1.00e-9	0.0704 \pm 9.98e-10	0.0891 \pm 9.71e-10	0.7393
21días	0.4376	84	4.4587 \pm 0.1751	4.2417 \pm 0.1982	4.2390 \pm 0.1820	4.1773 \pm 0.1772	0.8112

Análisis de costos

Los precios por diversos conceptos para la administración de los tratamientos se presentan en el **Cuadro 14**.

Cuadro 13. Costos por conceptos empleados para la administración de tratamientos.

Concepto	Presentación	Precio	Usos/Rendimiento	Costo/uso
Sonda	pieza	\$5.80	12	\$0.48
Jeringa tratamiento	pieza	\$2.00	12	\$0.17
Jeringa oxitocina	pieza	\$2.00	20	\$0.10
Botella plástico 200ml	pieza	\$3.50	13.33	\$0.26
Energetico comercial	Frasco 250 ml	\$286.00	125	\$2.29
Oxitocina	Frasco 100 ml	\$222.00	500	\$0.44
Agua	Metro cubico	\$55.27	1000000	\$0.00
<i>Mano de obra*</i>	<i>Semana</i>	<i>\$1,000.00</i>	<i>2880</i>	<i>\$0.35</i>

El costo desglosado por concepto de cada uno de los tratamientos administrados durante este trabajo se muestran en el **cuadro 15**, se presentan tanto los costos sin contemplar mano de obra debido a que en el sitio de realización el empleado del área de maternidad recibe pago fijo por semana y no percibe un sobre sueldo por la realización del procedimiento realizado, también se muestra el costo incluyendo el concepto de mano de obra para situaciones donde se tenga que contemplar *per se*.

Cuadro 14. Costo por tratamiento administrado bajo condiciones y precios del año 2014.

	Tratamiento			
	Cal_comp	Ener_co	Control_neg	Control_pos
	\$0.48	\$0.48	\$0.00	\$0.48
	\$0.17	\$0.17	\$0.00	\$0.17
	\$0.10	\$0.00	\$0.00	\$0.00
	\$0.26	\$0.00	\$0.00	\$0.26
	\$0.00	\$2.29	\$0.00	\$0.00
	\$0.44	\$0.00	\$0.00	\$0.00
	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
	\$0.35	\$0.35	\$0.00	\$0.35
<i>Total con M.O.</i>	<i>\$1.80</i>	<i>\$3.29</i>	<i>\$0.00</i>	<i>\$1.26</i>
Total sin M.O.	\$1.46	\$2.94	\$0.00	\$0.91

M.O.: Mano de obra.

Discusión

Distribución de la variable peso al nacimiento

El peso promedio del lechón al nacimiento registrado en el presente estudio fue de 1.449 ± 0.013 Kg (media \pm E.E.), este resultado es similar a los reportados por Roehe (1999) quien en un estudio con hembras Large White reporta un peso promedio al nacimiento de 1.41 kg, de igual forma, con los resultados obtenidos por Grandinson *et al.* (2002) y Arango *et al.* (2006) quienes reportan un valor de 1.4 kg para esta variable con lechones provenientes de hembras Yorkshire y Large White, respectivamente.

En contraparte, el peso promedio reportado por Devillers *et al.* (2007) fue ligeramente menor (1.34 ± 0.015 kg) kg al encontrado en el presente estudio (1.449 ± 0.013 Kg) con un rango más estrecho (0.45 kg a 2.30kg) que el obtenido en este trabajo (0.35 kg a 2.9 kg).

La proporción de animales por estrato observada en este estudio fue: 22% de lechones clasificados como bajo peso al nacer, 29% de animales clasificados como de peso promedio al nacimiento y 49% de animales clasificados como de peso alto ($n = 895$). Estos resultados son similares a los obtenidos por Milligan *et al.* (2002)^A quienes reportan que los lechones de bajo peso al nacer (0.974 kg, promedio) representan el 19.9% (396 lechones clasificados de bajo peso de 1989 lechones totales). A diferencia de este trabajo que forma tres estratos (bajo peso, peso promedio y alto peso al nacer), estos autores clasifican el resto de los lechones como de alto peso al nacer, los cuales serían los correspondientes a los estratos peso promedio y alto peso. En su trabajo Milligan *et al.* (2002)^A reportan que los lechones de alto peso al nacer (1.466 kg promedio) fueron 1593 de 1989 lechones totales (80.1%) similar al 78% producto de la conjunción de los estratos peso promedio y alto peso del presente estudio (29% y 49% respectivamente).

En un estudio realizado por Milligan *et al.* (2002)^B se obtiene a través del reporte de sus resultados que el 18.1% (574 lechones de 3180 lechones totales) de los lechones corresponden a animales de bajo peso (1.17 kg promedio), el trabajo al que se hace referencia también clasifica a los lechones en solo dos grupos, los correspondientes a

animales de bajo peso y el resto de animales los clasifica como animales de alto peso al nacimiento (1.66 kg, promedio), que en este caso representan el 81.9% (2606 lechones de 3180 lechones totales).

A partir de los resultados reportados por Quiniou *et al.* (2002) es posible calcular que los animales menores de 1.200 kg representan el 25.84% de los animales nacidos vivos totales en su estudio (2,973 lechones nacidos vivos menores de 1.200 kg de 11,504 lechones nacidos vivos totales) reportados en un estudio sobre la variación del peso al nacimiento en lechones y sus consecuencias sobre su desarrollo productivo. Ferrari *et al.* (2014) observaron 151 lechones de ≤ 1.200 kg de un total de 600 lechones, lo cual representa el 25.16% de lechones de bajo peso en su estudio. Estas similitudes entre los resultados obtenidos en otros trabajos y los obtenidos en este estudio sugieren que en general entre el 20 al 25% de los lechones nacidos vivos corresponden a animales de bajo peso al nacer.

Formación de estratos para la variable peso al nacer

El presente trabajo se orientó al cuidado especial requerido para los lechones de bajo peso al nacimiento, por lo que fue necesaria la formación de estratos para definir adecuadamente un lechón de bajo peso.

Este estudio siguió la metodología de Dalenius y Hodges (1959) con la finalidad de lograr la formación de estratos con mínima variación dentro de ellos. A través de la metodología aplicada, se determinó que para el presente trabajo los límites para el estrato de peso bajo fue lechones > 0.300 kg y ≤ 1.200 kg, para el estrato de peso promedio abarcó lechones > 1.200 kg y ≤ 1.500 kg y clasificó a los lechones del estrato de peso alto a los > 1.500 kg y ≤ 3.000 kg. En este sentido, la estratificación obtenida es diferente a lo reportado por Deen, y Bilkei (2004) quienes consideraron lechones de bajo peso a animales entre 0.900 kg y 1.000 kg, lechones de peso promedio a los animales entre 1.200 kg y 1.590 kg y lechones de alto peso al nacer los que tuvieron un peso mayor a 1.600 kg. La principal diferencia entre estos autores con este estudio, es que en este trabajo se incluyen todos los rangos de peso registrados, y los agrupa dentro de una de las tres clasificaciones (Bajo, promedio o alto peso).

Por su parte Bierhals *et al.* (2012) en un estudio sobre la influencia de la clasificación del lechón de acuerdo a su peso al reacomodo sobre la productividad de la cerda y su camada, reportan considerar lechones de bajo peso a animales de 1.000 kg a 1.200 kg y lechones de peso promedio a los animales de 1.4000 kg a 1.600 kg. Por lo que el rango de cada estrato es fijo (0.200 kg) similar al intervalo de clase de una tabla de distribución de frecuencias, lo que posiblemente no garantice la mínima variación dentro de cada estrato. Además, no se incluye la totalidad del rango de pesos al nacimiento y a diferencia de la estratificación realizada en el presente trabajo.

Baxter *et al.* (2008) en un estudio sobre indicadores fisiológicos y de comportamiento sobre la sobrevivencia neonatal de los lechones, describen una metodología diferente para realizar una estratificación en tres niveles (Peso bajo, promedio y alto), la cual se lleva a cabo estableciendo los límites para cada estrato utilizando los cuartiles (Q_i , Donde $1 < i < 3$) obtenidos de la muestra, considerando lechones de bajo peso los que fueran $\leq 25\%$ de los datos (Q_1), lechones de peso promedio los que estuvieran entre el 25% y el 75% de los datos (Q_1 y Q_3 , respectivamente) y lechones de peso alto a los que fueran $\geq 75\%$ de los datos (Q_3). Nuevamente la principal diferencia entre estos autores y el presente trabajo es que en este estudio se siguió una metodología que privilegió una mínima variación dentro de cada estrato, lo cual no se puede obtener utilizando el valor de los cuartiles como límites para cada estrato.

Mortalidad predestete

Durante el presente estudio, de 96 animales que fueron utilizados para la realización de este trabajo sobrevivieron 83 lechones y 13 murieron. Esto representa el 86.46% de sobrevivencia y el 13.54% de mortalidad respectivamente. Estos resultados son similares a lo encontrado por Ferrari *et al.* (2014) quienes reportan una mortalidad del 13.9% en lechones de un rango de peso similar (≤ 1.200 kg).

Por su parte, la mortalidad reportada por Quiniou *et al.* (2002) también es similar a la mortalidad observada durante la realización del presente trabajo (16.3% y 13.54% respectivamente).

Los resultados observados en este trabajo son diferentes a los reportados por Milligan *et al.* (2002)^B, quien reporta un porcentaje de mortalidad más alto (24.8%) en lechones de bajo peso al nacer, en camadas formadas en condiciones similares a las observadas en este estudio (≥ 12 lechones), con un peso promedio similar al obtenido durante el presente trabajo para lechones clasificados como de bajo peso (1.06 kg y 1.030 kg respectivamente).

Milligan *et al.* (2002)^A reportan para camadas ≥ 12 lechones de bajo peso al nacer (0.90 kg promedio) una mortalidad aún más alta que la observada durante este estudio (36.9% vs 13.54%, respectivamente).

Las causas de muerte registradas durante este trabajo fueron clasificadas en: aplastamiento 53.85%, inanición 15.38%, eutanasia 7.69, agresión 7.69%, timpanismo (atresia) 7.69%, asfixia 7.69%. Estos resultados difieren de lo reportado por Ferrari *et al.* (2014) quienes obtuvieron las siguientes causas de mortalidad y la proporción que representan sobre las muertes totales (44 muertes): inanición 52.3% (23 muertes), aplastamiento 25.0% (11 muertes), diarrea 20.05% (9 muertes) y atresia anal 2.3% (1 muerte).

Los resultados obtenidos en el presente trabajo concuerdan con lo expuesto por Edwards (2002), quien señala que típicamente la principal causa de mortalidad en granjas comerciales es por mucho el aplastamiento, para este estudio esta clasificación resulto ser la causa de poco más de la mitad de las muertes (53.85%).

Las causas de mortalidad encontradas en este estudio son similares a lo obtenido del *Easicare* recording system (1995) y Riart *et al.* (2000) y que es presentado por Edwards (2002), la aparente diferencia en la proporción que se observa, se debe a que en el presente estudio no se tomó en cuenta a los mortinatos para el cálculo de la mortalidad total, debido a que no resultaban relevantes para el cumplimiento de los objetivos de este trabajo. En las **Figuras 4 y 5** se observa que al igual que lo observado en este trabajo el aplastamiento y la inanición fueron algunas de las causas de mortalidad con una mayor proporción sobre la mortalidad total.

A pesar de la diferencia numérica observada entre los tratamientos para la variable de interés mortalidad predestete (administración de calostro complementario [3.13%]

administración de producto energético comercial [3.13%], control positivo [1.04%] y control negativo [6.25%]), dicha diferencia no es significativa. Por lo que no es posible indicar que exista diferencia estadística entre los tratamientos para esta variable. Estos resultados son concordantes con lo reportado por Muns *et al.* (2014) quienes en un estudio sobre el efecto del reacomodo y la suplementación oral con calostro en el rendimiento de los lechones recién nacidos, no obtuvo diferencias significativas entre los lechones que recibieron suplementación oral de calostro y los que no recibieron dicho tratamiento.

De igual manera Miranda (2010) no obtuvo diferencias significativas en la mortalidad de lechones de dos categorías de peso que recibieron un suplemento energético a diferentes dosis y un grupo control, lo cual es concordante con los resultados obtenidos en este estudio.

Por el contrario White *et al.* (1996) reportan una disminución significativa de la mortalidad en lechones que recibieron una dosis de 12 ml de calostro bovino en comparación con los animales del grupo control, el cual no recibió tratamiento (10.1% vs 18.2%, respectivamente), sin embargo, la diferencia en estos resultados puede estar relacionada a una mayor complejidad en el tratamiento, debido a que este contemplaba además la administración de oxígeno vía nasal.

Variables: Peso a 3, 7, 14 y 21 días y ganancia de peso a 1 y 21 días.

Este estudio no encontró diferencia significativa entre las medias de peso de los diferentes tratamientos en ninguno de los momentos en que la variable fue medida (3, 7, 14 y 21 días).

Los resultados obtenidos en este trabajo son concordantes con los obtenidos por Muns *et al.* (2014) quienes en su estudio sobre el efecto del reacomodo y la suplementación oral con calostro en el rendimiento de los lechones recién nacidos, no observaron diferencia significativa en el peso promedio a los 1, 10 y 19 días de vida, en lechones que recibieron uno de cuatro tratamientos: A) Sin suplementación oral de calostro porcino y reacomodo en camada estandarizada por número y asegurando que menos del 50% de los lechones de la camada tuvieron un peso al nacimiento menor a 1.35 kg (1.17 kg, 2.58 kg y 4.38 kg); B) Sin suplementación oral de calostro porcino y reacomodo en camada estandarizada por

número y compuesto solamente de lechones que tuvieron un peso al nacimiento menor a 1.35 kg (1.15 kg, 2.63 kg y 4.54 kg); C) Con suplementación oral de 15 ml de calostro porcino y reacomodo en camada estandarizada por número y asegurando que menos del 50% de los lechones de la camada tuvieron un peso al nacimiento menor a 1.35 kg (1.200 kg, 2.74 kg y 4.93 kg) y D) Con suplementación oral de 15 ml de calostro porcino y reacomodo en camada estandarizada por número y compuesto solamente de lechones que tuvieron un peso al nacimiento menor a 1.35 kg (1.17 kg, 2.52 kg y 4.40 kg).

Los resultados obtenidos por Miranda (2010) concuerdan con lo obtenido en este trabajo, en su estudio no obtuvo diferencias significativas en el peso promedio al destete con lactancia de 21 días entre lechones que recibieron la suplementación con un producto energético comercial con dosis de 4 ml (5.8 kg), de 2 ml (5.8 kg) y sin suplementación (5.7 kg).

Por su parte, los resultados obtenidos por White (1996) muestran que no existe diferencia significativa entre el promedio de peso de lechones que recibieron un protocolo de manejo que incluyó la administración de 12 ml de calostro bovino y lechones que no recibieron dicho protocolo a 7 días de edad (2.58 kg y 2.61 kg, respectivamente) y 14 días de edad (3.88 kg y 3.85 kg, respectivamente). De manera contradictoria, el mismo estudio señala que el promedio de peso al destete (21 días) es significativamente diferente entre los lechones que recibieron el protocolo (5.33 kg) y los que no recibieron el tratamiento (5.09 kg).

Los resultados obtenidos en el presente estudio se encuentran bajo el efecto del reacomodo realizado en las camadas (número de lechones e intervalo de pesos), en este sentido Deen y Bilkei (2004) señalan que las variables mortalidad y ganancia de peso se ven afectadas principalmente por el tamaño de camada y de forma secundaria por la variación interna de peso de los lechones solo en camadas numerosas (12 lechones). Por su parte Ferrari *et al.* (2014), señalan que, tanto la ingesta de calostro como el peso al nacer son importantes para la sobrevivencia y el crecimiento de los lechones (principalmente de bajo peso). Estas ideas en conjunto sugieren que los resultados obtenidos pudieran ser diferentes si los tratamientos fueran administrados a lechones bajo diferentes condiciones de reacomodo (tamaño de

camada y variación interna de peso), situación bajo la cual posiblemente tuvieran un efecto significativo sobre las variables de interés, por lo que sería conveniente que en un futuro se ampliara la información sobre este tema.

Conclusiones

Los resultados obtenidos a partir del análisis de los datos generados en este trabajo permiten concluir que no existe evidencia estadística suficiente para pensar que a partir de la administración de calostro porcino complementario o de un producto energético comercial especializado a lechones de bajo peso (≤ 1.200 kg), exista diferencia en el promedio de las variables: mortalidad predestete, presentación de diarreas, peso promedio a los 3, 7, 14 y 21 días y ganancia de peso a 1 y 21 días, bajo las condiciones de cría de una granja comercial de producción porcina.

Al no existir diferencia significativa en la variable mortalidad entre el grupo control positivo y el grupo control negativo, se puede asumir que el uso de una sonda gástrica para la administración de productos no resulta en un riesgo para la sobrevivencia del lechón. Además, al no encontrar diferencia significativa en el peso promedio a los 3, 7, 14 y 21 días de vida del lechón se demuestra que el uso de la sonda gástrica no genera traumatismos que deriven en la disminución del consumo del lechón.

Al no existir diferencia significativa entre las medias de los tratamientos para las variables de interés, el criterio de selección económica se restringe a utilizar el tratamiento de menor costo, por lo que en el caso del presente estudio la decisión económica más adecuada es la de no utilizar ninguno de los productos probados en este estudio, debido a que no lograron generar una mejora significativa que justifique su uso.

Abreviaturas y Siglas usadas

Adenosín Trifosfato	ATP
Consejo Mexicano de la Carne	COMECARNE
Departamento de Agricultura de los Estados Unidos	USDA
Dirección de Análisis Económico y Consultoría	DAEC
Error Estándar	E.E.
Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura	FIRA
French (\emptyset (mm) = French/3)	Fr
Inmunoglobulina G	IgG
Instituto Nacional de Estadística y Geografía	INEGI
Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura	FAO
Policloruro de vinilo	PVC
Proteína de desacoplamiento 1	UCP-1
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación	SAGARPA
Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera	SIAP
Síndrome respiratorio y reproductivo porcino	PRRS
<i>Statistical analysis system</i>	SAS
Subsecretaría de Fomento a los Agronegocios	SFA
Unidades Internacionales	UI
Vía Intravenosa de administración	I.V.

Literatura citada

- [COMECARNE] Consejo Mexicano de la Carne. 2014. Compendio estadístico 2014 de la industria cárnica mexicana. Ciudad de México: COMECARNE© 1985-2012.
<http://www.infocarne.comecarne.org/compendio/visualizar?comp=7&componente=285>
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2014. FAOSTAT. www.faostat.fao.org/default.aspx [consulta: 17 marzo 2015].
- [INEGI] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2010. Catálogo de claves de entidades federativas, municipios y localidades. México.
<http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/catalogoclaves.aspx> [consulta: agosto 2013].
- [INEGI] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2011. Serie estadísticas sectoriales. El sector alimentario en México 2011: pp: 80-85.
- [SAGARPA] Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2009. Proyecciones para el Sector Agropecuario en México. Escenario Base 2009-2018:48-60.
- [SFA – SAGARPA] Subsecretaría de Fomento a los Agronegocios - Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2011. Perspectivas de largo plazo para el sector agropecuario de México 2011- 2020. México, D.F. SIAP.
http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/estudios_economicos/escenariobase/perspectivalp_11-20.pdf [consulta: 25 agosto 2013].
- [SIAP-SAGARPA] Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera - Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2014. RESUMEN NACIONAL PRODUCCIÓN, PRECIO, VALOR, ANIMALES SACRIFICADOS Y PESO 2014. México DF:

<http://www.siap.gob.mx/resumen-nacional-pecuario/> [consultado: 25 febrero 2015].

- [USDA] United States Department of Agriculture. (April 2014). Livestock and poultry: world markets and trade. USA:
- Akinmutimi AH, Odoemelam VU, Obasienkong SF. 2006. Effect of replacing maize with ripe plantain and yam peels in the diet of weaner rabbits. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 5 (9): 734-740.
- Algers B, Jensen P. 1991. Teat stimulation and milk production during early lactation in sows: effects of continuous noise. *Canadian Journal of Animal Science* 71(1):51-60.
- Algers B, Uvnäs-Moberg K. 2007. Maternal behavior in pigs. *Hormones and Behavior* 52(1):78-85.
- Alonso-Spilsbury M, Ramirez-Necoechea R, Gonzalez-Lozano M, Mota- Rojas D, Trujillo-Ortega ME. 2007. Piglet survival in early lactation: a review. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 6(1):76–86.
- Andersen IL, Berg S, Boe KE. 2005. Crushing of piglets by the mother sow (*Sus scrofa*) - purely accidental or a poor mother?. *Applied Animal Behaviour Science* 93:229–43.
- Arango J, Misztal I, Tsuruta S, Culbertson M, Holl JW, Herring W. 2006. Genetic study of individual preweaning mortality and birth weight in Large White piglets using threshold-linear models. *Livestock Science* 101:208–218.
- Baxter EM, Jarvis S, D'Eath RB, Ross DW, Robson SK, Farish M, Nevison IM, Lawrence AB, Edwards SA. 2008. Investigating the behavioural and physiological indicators of neonatal survival in pigs. *Theriogenology* 69:773-783.
- Baxter EM, Rutherford KMD, D'Eath RB, Arnott G, Turner SP, Sandøe P, Moustsen VA, Thorup F, Edwards SA, Lawrence AB. 2013. The welfare implications of large litter size in the domestic pig II: management factors. *Animal Welfare* 22:219–238.

- Bazer FW, Ford JJ, Kensinger RS. 2001. Reproductive physiology. In: Pond WG and Mersmann HJ (eds) *Biology of the Domestic Pig*, Second Edition. New York, USA: Cornell University Press: pp 150-224.
- Berthon D, Herpin P, Duchamp C, Dauncey MJ, Le Dividich J. 1993. Modification of thermogenic capacity in neonatal pig by changes in thyroid status during late gestation. *Journal of Developmental Physiology* 19:253–261.
- Berthon D, Herpin P, Le Dividich J. 1994. Shivering thermogenesis in the neonatal pig. *Journal of Thermal Biology* 19:413–418.
- Beyer M, Jentsch W, Kuhla S, Wittenburg H, Kreienbring F, Scholze H, Rudolph PE, Metges CC. 2007. Effects of dietary energy intake during gestation and lactation on milk yield and composition of first, second and fourth parity sows. *Archives of animal nutrition*, 61(6):452-468.
- Beymon, N. 1997. Ten ways to foster pigs. *Pig International Magazine* (October):20-23.
- Bierhals T, Magnabosco D, Ribeiro RR, Perin J, da Cruz RA, Bernardi M L, Wentz I, Bortolozzo FP. 2012. Influence of pig weight classification at cross-fostering on the performance of the primiparous sow and the adopted litter. *Livestock Science* 146(2):115-122.
- Bilkei G, Biro O. 1999. Der einfluss des geburtsgewichtes auf das absetzgewicht, auf die saugferkelverluste und saugferkelerkrankungen der ferkel. (En Alemán). *Tierärztl Umschau* 54:372–377.
- Bilkei G, Bölskei A. 1993. Die Auswirkung der Fütterung im letzten Trächtigkeitsmonat auf die perinatalen Parameter bei verschiedener Körperkondition und Parität der Muttersauen (En Alemán). *Tierärztl Umschau* 48:629-635.
- Bjornvad CR, Thyman T, Deutz NE. 2008. Enteral feeding induces diet-dependent mucosal dysfunction, bacterial proliferation, and necrotizing enterocolitis in preterm pigs on parenteral nutrition. *The American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology* 295(5):G1092–G1103.

- Bland IM, Rooke JA, Bland VC, Sinclair AG, Edwards SA. 2003. Appearance of immunoglobulin G in the plasma of piglets following intake of colostrum, with or without a delay in sucking. *Animal Science* 77:277–286.
- Bourne FJ, Curtis J. 1973. The transfer of immunoglobulins IgG, IgA and IgM from serum to colostrum and milk in the sow. *Immunology* 24:157-162.
- Caldara FR, dos Santos LS, Machado ST, Moi M, de Alencar Nääs I, Foppa L, Garcia RG, dos Santos, RDKS. 2014. Piglets' surface temperature change at different weights at birth. *Asian-Australasian journal of Animal Sciences* 27(3):431-438.
- Canario, L., Tribout, T., Thomas, F., David, C., Cogué, J., Herpin, P., ... & Le Dividich, J. (2005). Estimation of the effects of selection using frozen semen, between 1977 and 1998 in Large White population, on body composition and physiological state of the new-born piglet. *Journées Rech. Porcine en France* 37:427-434.
- Carney-Hinkle EE, Tran H, Bundy JW, Moreno R, Miller PS, Burkey TE. 2013. Effect of dam parity on litter performance, transfer of passive immunity, and progeny microbial ecology. *Journal of animal science* 91(6):2885-2893.
- Casellas J, Noguera JL, Varona L, Sánchez A, Arqué M, Piedrafita J. 2004. Viability of Iberian x Meishan F2 newborn pigs. II. Survival analysis up to weaning. *Journal of Animal Science* 82:1925–1930.
- Chapinal N, Dalmau A, Fábrega E, Manteca X, Ruiz de la Torre JL, Velarde A. 2006. Bienestar del lechón en la fase de lactación, destete y transición. *Avances en tecnología porcina (III)*:77-89.
- Choct M. 2007. Role of biotechnology in utilisation of alternative feed ingredients for monogastrics animals. [Nutritional biotechnology in the feed and food industries]. Lexington, Kentucky, USA: Proceedings of Alltech's 21st Annual Symposium.
- Çınar ND, Filiz TM. 2006. Neonatal thermoregulation. *Journal of Neonatal Nursing* 12(2):69-74.

- Cronin GM, Smith JA. 1992. Effects of accommodation type and straw bedding around parturition and during lactation on the behavior of primiparous sows and survival and growth of piglets to weaning. *Applied Animal Behaviour Science* 33:191–208.
- Cutler RS, Fahy VA, Spicer EM, Cronin GM. 2006. Prewaning mortality. En: Straw BE, D'Allaire S, Mengeling WL, Taylor DJ (Eds.). *Diseases of Swine*. 9th ed. Ames, Iowa, USA: Blackwell Publishing. pp. 993–1010.
- Dalenius T, Hodges JL-JR. 1959. Minimum variance stratification. *Journal of the American Statistical Association* 54:88-101.
- Damm BI, Pedersen LJ, Heiskanen T, Nielsen NP. 2005. Long-stemmed straw as an additional nesting material in modified Schmid pens in a commercial breeding unit: effects on sow behaviour, and on piglet mortality and growth. *Applied Animal Behaviour Science* 92(1):45-60.
- de Passillé AMB, Rushen J, Pelletier G. 1988. Sucking behaviour and serum immunoglobulin levels in neonatal piglets. *Animal Production* 47(03):447-456.
- De Vos M, Huygelen V, Willemen S, Franssen E, Casteleyn C, Van Cruchten S, Michiels J, Van Ginneken C. 2014. Artificial rearing of piglets: Effects on small intestinal morphology and digestion capacity. *Livestock Science* 159:165–173.
- Decaluwé R, Maes D, Wuyts B, Cools A, Piepers S, Janssens GPJ. 2014. Piglets' colostrum intake associates with daily weight gain and survival until weaning. *Livestock Science* 162:185-192.
- Deen MGH, Bilkei G. 2004. Cross fostering of low-birthweight piglets. *Livestock Production Science* 90(2):279-284.
- Devillers N, Le Dividich J, Prunier A. 2011. Influence of colostrum intake on piglet survival and immunity. *Animal* 5(10):1605-1612.
- Devillers N, Farmer C, Le Dividich J, Prunier A. 2007. Variability of colostrum yield and colostrum intake in pigs. *Animal* 1(7):1033-1041.
- D'Inca R, Che L, Thymann T, Sangild PT, Le Huerou-Luron I. 2010. Intrauterine growth restriction reduces intestinal structure and modifies the

response to colostrum in preterm and term piglets. *Livestock Science* 133(1):20-22.

- Ding N, Guo Y, Knorr C, Ma J, Mao H, Lan L, Xiao S, Ai H, Haley CS, Brenig B and Huang L. 2009. Genome-wide QTL mapping for three traits related to teat number in a White Duroc × Erhualian pig resource population. *BMC Genetics* 10:6. DOI: 10.1186/1471-2156-10-6. <http://dx.doi.org/10.1186/1471-2156-10-6>
- Dirección de Análisis Económico y Consultoría (DAEC). 2011 Carne de porcino, 2010-2011. Morelia, Michoacán: FIRA.
- Dyck GW, Swierstra EE. 1987. Causes of piglet death from birth to weaning. *Canadian Journal of Animal Science* 67(2):543-547.
- Easicare, 1995. In: 7th Edition. *Pig Management Yearbook*. Easicare Computers, Driffield.
- Edwards SA, Fraser D. 1997. Housing systems for farrowing and lactation. *The Pig Journal* 39:77–89.
- Edwards SA. 2002. Perinatal mortality in the pig: environmental or physiological solutions?. *Livestock Production Science* 78:3-12.
- Elliot JI, Lodge GA. 1977. Body composition and glycogen reserves in the neonatal pig during the first 96 hours postpartum. *Canadian Journal of Animal Science* 57(1):141-150.
- English PR, Morrison V. 1984. Causes and prevention of piglet mortality. *Pig News and Information* 5(4):369-376.
- English PR, Smith WJ, MacLean A. 1977. *The sow-improving her efficiency*. Ipswich, Suffolk, England. Farming Press Ltd.
- English PR. 1998. Ten basic principles of fostering piglets. *Pig Progress* 14:39-41.
- Farmer C, Quesnel H. 2009. Nutritional, hormonal, and environmental effects on colostrum in sows. *Journal of Animal Science* 87:56–65.

- Ferrari CV, Sbardella PE, Bernardi ML, Coutinho ML, Vaz IS Jr, Wentz I, Bortolozzo FP. 2014. Effect of birth weight and colostrum intake on mortality and performance of piglets after crossfostering in sows of different parities. *Preventive Veterinary Medicine* 114(3-4):259-66.
- Fix JS, Cassady JP, Herring WO, Holl JW, Culbertson MS, See MT. 2010. Effect of piglet birth weight on body weight, growth, backfat, and longissimus muscle area of commercial market swine. *Livestock Science* 127:51–59.
- Foisnet A, Farmer C, David C, Quesnel H. 2010. Relationships between colostrum production by primiparous sows and sow physiology around parturition. *Journal of animal science* 88(5):1672-1683.
- Fraser AF. 1984. Some factors influencing the availability of colostrum to piglets. *Animal Production* 339:115–123.
- Fraser D, Thompson BK, Ferguson DK, Darroch RL. 1979. The ‘teat order’ of suckling pigs: III. Relation to competition within litters. *The Journal of Agricultural Science* 92:257–261.
- Fraser D, Thompson BK. 1986. Variation in piglet weights: relationship to suckling behavior, parity number and farrowing crate design. *Canadian Journal of Animal Science* 66(1):31-46.
- Fraser D. 1990. Behavioural perspectives on piglet survival. *Journal of reproduction and fertility. Supplement* 40:355–70.
- Gaskins HR, Kelly KW. 1995. Immunology and neonatal mortality. In: Varley MA, editor. *The neonatal pig development and survival*. CAB International. pp. 39–56.
- Gentz J, Bengtsson G, Hakkarainen J, Hellström R, Persson B. 1970. Factors influencing oxygen consumption in the newborn pig with special reference to feeding. *Neonatology* 16(5-6): 328-341.
- Google Inc. 2015. Google earth ver. 7.1.5.1557. Mountain View, California, USA.

- Grandinson K, Lund MS, Rydhme, L, Strandberg E. 2002. Genetic parameters for the piglet mortality traits crushing, stillbirth and total mortality, and their relation to birth weight. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A-Animal Science* 52(4):167-173.
- Gustafsson M, Jensen P, de Jonge FH, Illmann G, Spinka M. 1999. Maternal behaviour of domestic sows and crosses between domestic sows and wild boar. *Applied Animal Behaviour Science* 65(1):29-42.
- H. Ayuntamiento de Jesús María Jalisco. 2005. Jalisco: Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, Gobierno del Estado de Jalisco© 2005. H. Ayuntamiento Jesus Maria Jal. Monografía Municipal. Disponible en: <http://jesusmariajalisco.gob.mx/monografia/> [consulta: 20 julio 2013]
- Haley, C.S., Avalos, E., Smith, C. 1988. Selection for litter size in the pig. *Animal Breeding Abstracts* 56:317–332.
- Hemsworth PH, Winfield CG Mullaney PD. 1976. A study of the development of the teat order in piglets. *Applied Animal Ethology* 2:225–233.
- Herpin P, Damon M, Dividich J. 2002. Development of thermoregulation and neonatal survival in pigs. *Livestock Production Science* 78:25-45.
- Herpin P, Le Dividich J, Amaral N. 1993. Effect of selection for lean tissue growth on body composition and physiological state of pig at birth. *Journal of Animal Science* 71:2645–2653.
- Herpin P, Le Dividich J, Berthon D, Hulin JC. 1994. Assessment of thermoregulatory and postprandial thermogenesis over the first 24 hours after birth in pigs. *Experimental Physiology* 79:1011–1019.
- Herpin P, Louveau I, Damon M, Le Dividich J. 2005. Environmental and hormonal regulation of energy metabolism in early development of the pig. En: Burrin DG & Mersmann H (Eds). *Biology of Metabolism in Growing Animals*. New York, USA. Elsevier. pp. 345–366.
- Holtcamp AH. 1998. Farrowing house management types. *roceedings of the American American Association of Swine Practitioners* pp. 317– 318.

- Horrell I, Bennett J. 1981. Disruption of teat preferences and retardation of growth following cross-fostering of 1-week-old pigs. *Animal Production* 33:99-106.
- Illmann G, Chaloupková H, Neuhauserová K. 2015. Effect of pre-and post-partum sow activity on maternal behaviour and piglet weight gain 24h after birth. *Applied Animal Behaviour Science* 163:80-88.
- Jarvis S, D'Eath RB, Fujita K. 2005. Consistency of piglet crushing by sows. *Animal Welfare* 14:43-51.
- Jensen P. 1993. Nest building in domestic sows: the role of external stimuli. *Animal behaviour* 45(2):351-358.
- Jensen, P. 1986. Observations on the maternal behaviour of free-ranging domestic pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 16(2):131-142.
- Kammersgaard TS, Pedersen LJ, Jørgensen, E. 2011. Hypothermia in neonatal piglets: Interactions and causes of individual differences. *Journal of animal science* 89(7):2073-2085.
- Kilbride AL, Mendl M, Statham P, Held S, Harris M, Cooper S, Green L E. 2012. A cohort study of preweaning piglet mortality and farrowing accommodation on 112 commercial pig farms in England. *Preventive veterinary medicine* 104(3):281-291.
- Knol EF, Leenhouwers JI, van der Lende T. 2002. Genetic aspects of piglet survival. *Livestock Production Science* 78:47-55.
- Kuehl RO. 2001. *Diseño de experimentos: Principios estadísticos de diseño y análisis de investigación*. 2ª ed. (pp. 469-491). México: International Thomson.
- Latham MC. 2002. *Nutrición humana en el mundo en desarrollo*. Roma, Italia: Colección FAO: Alimentación y nutrición N° 29. <http://www.fao.org/docrep/006/w0073s/w0073s00.htm> [consulta: 25 agosto 2013].
- Lay DC, Matteri RL, Carroll JA, Fangman TJ, Safranski TJ. 2002. Preweaning survival in swine. *Journal of Animal Science* 80(1):74-86.

- Le Dividich J, Herpin P, Rosario-Ludovino RM. 1994. Utilization of colostrum energy by the newborn pig. *Journal of animal science* 72(8):2082-2089.
- Le Dividich J, Noblet J. 1981. Colostrum intake and thermoregulation in the neonatal pig in relation to environmental temperature. *Neonatology* 40(3-4):167-174.
- Le Dividich J, Rooke JA, Herpin P. 2005. Nutritional and immunological importance of colostrum for the new-born pig. *The Journal of Agricultural Science* 143(06):469-485.
- Lin C, Mahan DC, Wu G, Kim SW. 2009. Protein digestibility of porcine colostrum by neonatal pigs. *Livestock Science* 121:182–186.
- Machado-Neto R, Graves CN, Curtis SE. 1987. Immunoglobulins in piglets from sows heat-stressed prepartum. *Journal of animal science* 65(2):445-455.
- Marcatti-Neto A. 1986. Effect of crossfostering on piglet preweaning performance. *The journal Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 38:413-417.
- Marion J, Le Dividich J. 1999. Utilization of sow milk energy by the piglet. En: Cranwell PD (Ed.). *Manipulating Pig Production VII ed.* Werribee, Australia. Australasian Pig Science Association p. 254.
- Mellor DJ, Cockburn F. 1986. A comparison of energy metabolism in the newborn infant, piglet and lamb. *Quarterly Journal of Experimental Physiology* 71:361–379.
- Mellor DJ, Stafford KJ. 2004. Animal welfare implications of neonatal mortality and morbidity in farm animals. *The Veterinary Journal* 168:118-133.
- Milligan BN, Dewey CD, de Grau AF. 2002_B. Neonatal-piglet weight variation and its relation to pre-weaning mortality and weight gain on commercial farms. *Preventive Veterinary Medicine* 56:119–127.
- Milligan BN, Fraser D, Kramer DL. 2002_A. Within-litter birth weight variation in the domestic pig and its relation to pre-weaning survival, weight gain, and variation in weaning weights. *Livestock Production Science* 76:181–191.

- Miranda R. 2010. Alimentación de lechones con el suplemento energético Energyn® durante la etapa de lactancia.[tesis de licenciatura]. Zamorano, Honduras.
- Mota-Rojas D, Martínez-Burnes J, Trujillo ME, López A, Rosales AM, Ramírez R, Orozco H, Merino A, Alonso-Spilsbury M. 2005. Uterine and fetal asphyxia monitoring in parturient sows treated with oxytocin. *Animal Reproduction Science* 86:131–141.
- Muns R, Silva C, Manteca X, Gasa J. 2014. Effect of cross-fostering and oral supplementation with colostrums on performance of newborn piglets. *Journal of animal science* 92(3):1193-1199.
- Noblet J, Le Dividich J. 1981. Energy metabolism of the newborn pig during the first 24 h of life. *Neonatology* 40(3-4):175-182.
- Pedersen LJ, Berg P, Jørgensen G, L. Andersen IL. 2011. Neonatal piglet traits of importance for survival in crates and indoor pens. *Journal of Animal Science* 89:1207–1218.
- Pedersen LJ, Damm BI, Marchant-Forde JN, Jensen K.H. 2003. Effects of feedback from the nest on maternal responsiveness and postural changes in primiparous sows during the first 24 h after farrowing onset. *Applied Animal Behaviour Science* 83:109–124.
- PigChamp® software. 2014. Benchmarking. Ames Iowa USA. <http://www.pigchamp.com/Products/Benchmarking/AboutBenchmarking/OverviewandDefinitions/SummaryArchives.aspx> [consulta 15 julio 2013].
- Quesnel H, Farmer C, Devillers N. 2012. Colostrum intake: Influence on piglet performance and factors of variation. *Livestock Science* 146:105-114.
- Quesnel H. 2011. Colostrum production by sows: variability of colostrum yield and immunoglobulin G concentrations. *Animal* 5(10):1546-1553.
- Quiniou N, Dagorn J, Gaudré D 2002. Variation of piglets' birth weight and consequences on subsequent performance. *Livestock Production Science* 78:63-70.

- Riart, G. R., Edwards, S. A., & English, P. R. (2000, October). Estudio de los factores que afectan mortalidad pre-destete en lechones nacidos a campo: comparación con sistemas intensivos. In Congreso Mercosur de Producción Porcina (Vol. 17).
- Roehe R, Kalm E. 2000. Estimation of genetic and environmental risk factors associated with pre-weaning mortality in piglets using generalized linear mixed models. *Journal of Animal Science* 70:227– 240.
- Roehe, R. 1999. Genetic determination of individual birth weight and its association with sow productivity traits using Bayesian analyses. *Journal of Animal Science* 77, 330– 343.
- Rooke JA, Bland IM. 2002. The acquisition of passive immunity in the newborn piglet. *Livestock Production Science* 78(1):13-23.
- Rootwelt V, Reksen O, Framstad T. 2012. Production traits of litters in 2 crossbred Duroc pig lines. *Journal of Animal Science* 90(1):152-158.
- Rutherford KMD, Baxter EM, D'Eath RB, Turner SP, Arnott G, Roehe R., Ask B, Sandøe P, Moustsen VA, Thorup F, Edwards SA, Berg P, Lawrence, AB. 2013. The welfare implications of large litter size in the domestic pig I: biological factors. *Animal Welfare* 22(2):199-218.
- SAS Institute Inc. 2012. JMP versión 10.00. Cary, North Carolina, USA.
- Serenius T, Sevon-Aimonen ML, Kause A, Mäntysaari EA, Mäki-Tanila A. 2004. Selection potential of different prolificacy traits in the Finnish Landrace and Large White populations. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science* 54(1):36– 43.
- Shankar BP, Madhusudhan HS, Harish DB. 2009. Pre-weaning mortality in pig-causes and management. *Veterinary World* 2(6):236-239.
- Spötter A, Distl O. 2006. Genetic approaches to the improvement of fertility traits in the pig. *The Veterinary Journal* 172:234-247.

- Straw BE, Dewey CE Bürgi EJ. 1998. Patterns of crossfostering and piglet mortality on commercial US and Canadian swine farms. *Preventive Veterinary Medicine* 33: 83-89.
- Straw BE. 1997. Veterinary practice: art, science and politics. Proceedings of the 28th Annual Management American Association of Swine Practitioners p 1. 1-4 March 1997, Quebec City, Quebec, Canada.
- Svendsen LS, Weström BR, Svendsen J, Ohlsson BG, Ekman R, Karlsson BW. 1986. Insulin involvement in intestinal macromolecular transmission and closure in neonatal pigs. *Journal of pediatric gastroenterology and nutrition* 5(2):299-304.
- Thompson BK, Fraser D. 1986. Variation in piglet weights: development of within-litter variation over a 5-week lactation and effect of farrowing crate design. *Canadian Journal of Animal Science* 66(2):361-372.
- Trayhurn P, Temple NJ, Aerde, JV. 1989. Evidence from immunoblotting studies on uncoupling protein that brown adipose tissue is not present in the domestic pig. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology* 67(12):1480-1485.
- Tuchscherer M, Kanitz E, Otten W, Tuchscherer A. 2002. Effects of prenatal stress on cellular and humoral immune responses in neonatal pigs. *Veterinary Immunology and Immunopathology* 86:195–203.
- Tuchscherer M, Puppe B, Tuchscherer A, Tiemann U. 2000. Early identification of neonates at risk: traits of newborn piglets with respect to survival. *Theriogenology* 54(3):371–88.
- Van Rens BTTM, De Koning G, Bergsma R, Van Der Lende T. 2005. Prewaning piglet mortality in relation to placental efficiency. *Journal of animal science* 83(1):144-151.
- Vanderhaeghe C, Dewulf J, Ribbens S, de Kruif A, Maes D. 2010. A cross-sectional study to collect risk factors associated with stillbirths in pig herds. *Animal Reproduction Science* 118:62-68.

- Vasdal G, Andersen IL, Pedersen LJ. 2009. Piglet use of the creep area– effects of breeding value and farrowing environment. *Applied Animal Behaviour Science* 120:62–67.
- Weary DM, Pajor EA, Thompson BK, Fraser D. 1996. Risky behaviour by piglets: a trade off between feeding and risk of mortality by maternal crushing?. *Animal Behaviour* 51:619–24.
- Weary DM, Phillips PA, Pajor EA, Fraser D, Thompson BK. 1998. Crushing of piglets by sows: effects of litter features, pen features and sow behaviour. *Applied Animal Behaviour Science* 61:103–111.
- Webb AJ. 1998. Objectives and strategies in pig improvement: an applied perspective. *Journal of Dairy Science* 81:36-46.
- White KR, Anderson DM, Bate LA. 1996. Increasing piglet survival through an improved farrowing management protocol. *Canadian journal of animal science* 76(4):491-495.
- Wolf J, Žáková E, Groeneveld E. 2008. Within-litter variation of birth weight in hyperprolific Czech Large White sows and its relation to litter size traits, stillborn piglets and losses until weaning. *Livestock Science* 115:195–205.
- Xu RJ, Wang F, Zhang SH. 2000. Postnatal adaptation of the gastrointestinal tract in neonatal pigs: a possible role of milk-borne growth factors. *Livestock Production Science* 66(2):95-107.
- Zajac-Cruz E, Pitscher PM, Parsons TD. 2000. Motivating and monitoring cross fostering management. *Journal of Swine Health and Production* 8(6):269– 272.
- Zamudio-Sánchez FJ, Romo-Lozano JL, Espinoza-García N. 2008. Índice de sustentabilidad alimentaria global: tasa de crecimiento alimentaria contra tasa de crecimiento poblacional. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente* 14(2):135-140.