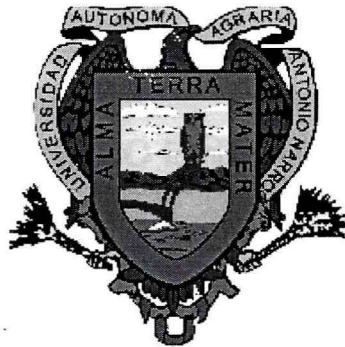


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"**

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**EFFECTO DEL TAMAÑO DE LA CAMADA SOBRE LA
CURVA DE CRECIMIENTO DE LOS LECHONES**

POR:

ROGELIO BIÑUELO MORÁN

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL TÍTULO DE:**

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

MAYO DE 2004

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

EFFECTO DEL TAMAÑO DE LA CAMADA SOBRE LA CURVA DE
CRECIMIENTO DE LOS LECHONES.

POR:

ROGELIO BIÑUELO MORÁN

TESIS

TESIS DEL C. ROGELIO BIÑUELO MORÁN QUE SE SOMETE A
LA CONSIDERACIÓN DE LOS ASESORES COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:


MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADO POR:


M.C. DAVID VILLARREAL REYES
ASESOR PRINCIPAL


Dr. RAÚL VILLEGAS VISCAÍNO
ASESOR


M.V.Z. ERNESTO MARTÍNEZ ARANDA
COORDINADOR REGIONAL DE DIVISIÓN
DE CIENCIA ANIMAL


Coordinación de la División
Regional de Ciencia Animal

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

EFFECTO DEL TAMAÑO DE LA CAMADA SOBRE LA CURVA DE
CRECIMIENTO DE LOS LECHONES.

POR:

ROGELIO BIÑUELO MORÁN

TESIS

QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO
EXAMINADOR, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TÍTULO DE:


MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADO POR:



M.C. DAVID VILLARREAL REYES
ASESOR PRINCIPAL


Dr. RAÚL VILLEGAS VIZCAÍNO
VOCAL


M.V.Z. SILVESTRE MORENO
VOCAL


I.Z. HÉCTOR MANUEL ESTRADA FLORES
VOCAL SUPLENTE


M.V.Z. ERNESTO MARTÍNEZ ARANDA
COORDINADOR REGIONAL DE DIVISIÓN
DE CIENCIA ANIMAL


Coordinación de la División
Regional de Ciencia Animal
UAAAN - UL

Índice General

	Pág.
Índice de cuadros.....	v
Índice de figuras.....	v
Agradecimientos.....	vii
Resumen.....	1
Introducción.....	2
Objetivo	4
Revisión de literatura.....	4
La curva de crecimiento en lechones.....	4
Factores que afectan el crecimiento del lechón.....	5
Tamaño de la camada al nacimiento.....	5
Mejoramiento genético.....	6
Hibridación.....	6
Raza.....	7
Número de parto.....	7
Influencia del verraco.....	7
Etología del ganado porcino.....	8
El lechón neonato en lactación.....	8
Competencia de los lechones.....	9
La hembra.....	10
Factores que determinan la supervivencia del lechón.....	11
Partos largos y distócicos.....	11
Reservas corporales del lechón neonato.....	12
Termorregulación del lechón neonato.....	12

La ingestión de calostro al nacimiento.....	14
El sistema inmune del lechón neonato.....	16
Endocrinología.....	16
Selección genética para la supervivencia.....	17
Efecto de la heterosis sobre la supervivencia.....	17
Adopción de lechones.....	17
Lactaciones cruzadas.....	18
Paso de la camada al nacimiento.....	18
Efecto de la época del año.....	19
Efecto de la craza sobre el peso de la camada.....	19
Peso del lechón al nacimiento.....	19
Factores inherentes a la hembra porcina.....	20
Crecimiento de la camada.....	22
Factores ligados a la hembra porcina.....	22
Producción de leche de la hembra porcina.....	22
Factores del lechón.....	23
Mortalidad de lechones durante le lactancia.....	24
Efecto del sexo.....	25
Factores ligados a la madre.....	25
Factores ligados al lechón y a la camada.....	26
Medio ambiente.....	26
Nutrición de la hembra porcina gestante.....	26
Número de fibras musculares.....	27
Fibras secundarias.....	28
Vitaminas y minerales en la gestación.....	28
Desarrollo esquelético fetal.....	29

Nutrición de la hembra porcina en lactancia.....	29
Alimentación del lechón en lactación.....	30
La flora bacteriana.....	31
El destete.....	32
Fisiología digestiva.....	33
Integridad del intestino.....	34
Adopción al alimento sólido.....	34
Edad al destete.....	35
Tamaño de la camada al destete.....	36
Peso de la camada al destete.....	36
Crecimiento.....	37
Crecimiento magro.....	39
Impacto entre sexos.....	40
Efecto de la raza sobre el crecimiento magro.....	41
Efecto de la somatotropina en crecimiento.....	41
Efecto del medio ambiente sobre el crecimiento.....	42
El ambiente de producción.....	43
Materiales y métodos.....	45
Origen de los datos.....	45
Alojamiento de los animales.....	46
Alimentación.....	46
Dieta para hembras gestantes.....	46
Dieta para hembras lactantes.....	47
Preiniciador para lechones.....	47

Manejo de lechones.....	47
Procesamiento de los datos.....	48
Efecto del tamaño de la camada sobre la ganancia diaria de peso de los lechones.....	48
Ganancia diaria de peso de los lechones desde el nacimiento hasta el destete.....	50
*Ganancia diaria de peso de los lechones entre sexos.....	50
Efecto del peso de la camada al nacimiento y en lactancia, sobre la ganancia diaria de peso de los lechones.....	50
Porcentaje de mortalidad.....	50
Efecto del número de parto, sobre la ganancia diaria de peso.....	51
El efecto del número de parto, sobre la ganancia diaria de peso entre sexos.....	51
Efecto de la selección de teta sobre la ganancia de peso.....	51
Análisis estadístico.....	51
Resultado.....	53
Efecto del tamaño de la camada sobre la ganancia diaria de peso de los lechones.....	54
Ganancia diaria de peso de los lechones desde el nacimiento hasta el destete.....	55
Ganancia diaria de peso de los lechones entre sexos.....	55
Efecto del peso de la camada al nacimiento y en lactancia, sobre la ganancia diaria de peso de los lechones, determinado con la regresión lineal.....	57
Porcentaje de mortalidad en lactación sobre el tamaño de la camada.....	59
Efecto del número de parto de la hembra porcina, sobre la ganancia diaria de peso de los lechones determinada con la regresión lineal.....	59

Ganancia diaria de pesos de los lechones por el efecto del número de parto entre sexos.	61
Efecto de la selección de teta sobre la ganancia diaria de peso de los lechones.....	61
Discusión.....	63
Conclusiones.....	65
Literatura citada.....	66

Índice de cuadros

Cuadro 1. Resultados obtenidos por las medidas de tendencia central y dispersión para determinar el efecto del tamaño de la camada.....	54
Cuadro 2. Parámetros de regresión lineal del crecimiento de lechones por sexo yambos.....	56
Cuadro 3. Parámetros de regresión lineal del crecimiento de lechones por camada y sexo.....	56
Cuadro 4. Ganancia de peso de los lechones por el número de parto.....	59
Cuadro 5. Ganancia de peso sobre la selección de teta, analizado con la regresión lineal.....	61

Índice de figuras

Figura 1. Ganancia de peso de los lechones por camada.....	57
Figura 2. Ganancia diaria de peso por el número de parto de la hembra porcina.....	60
Figura 3. Ganancia diaria de peso de los lechones por la selección de teta....	62

Agradecimientos

Agradezco a "Dios" por permitirme concluir una meta más en mi vida, y por toda la salud que me a brindado a mi y a toda mi familia.

A mis padres por todo el apoyo moral y económico que me brindaron día con día para concluir mi carrera profesional.

A todos mis hermanos que siempre me apoyaron moral y económicamente para terminar esta tesis.

A todos mis tías y tíos que me apoyaron moralmente en toda mi carrera profesional.

Agradezco a todos mis amigos y compañeros que de una o otra forma me apoyaron moralmente

A mis asesores de tesis que me brindaron sus conocimientos y apoyo para realizar esta tesis.

Agradezco al médico Carlos casas y sus hermanos y sobrinos, por prestarme sus animales y sus instalaciones para el trabajo de campo de la tesis.

Resumen

En los porcinos domésticos, el tamaño de la camada influye en el peso del lechón al nacimiento, así como en la ganancia diaria de peso de los lechones como en el porcentaje de supervivencia de los lechones en camadas numerosas y su comportamiento en lactación. Para determinar el efecto del tamaño de la camada, se utilizaron 96 lechones de 8 hembras híbridas procedentes de la granja la victoria ubicada en el ejido la Torreña, Municipio de Gómez palacio, Durango, México. Debido a que el tamaño de la camada y peso tienen correlación, se evaluó de la misma manera por el peso de la camada al nacimiento y cada semana hasta el destete (llevándose a cabo el destete a los 28 o 33 días de edad). Todos los datos fueron recolectados con forme se presentaban los partos en la granja. Además se determinó la diferencia entre ganancias diarias de peso por el efecto del número de parto de la hembra porcina, obteniendo mayores pesos los lechones de hembras de tercer parto que los lechones de hembras de primer y sexto parto. Otra variable que afecta la ganancia diaria de peso de los lechones, es la selección de teta elegida por el lechón en lactancia, esto fue determinado por la persistencia más frecuente del lechón durante la lactancia, dando mayores ganancias de peso, lechones que se amamantaron de las tetas pectorales, seguidos de las abdominales e inguinales. Para determinar el efecto del tamaño de la camada, se determino con medidas de tendencia central y de dispersión, y para determinar el peso de la camada sobre la ganancia diaria de peso de los lechones, se utilizó la regresión lineal con el programa Statistica, utilizando la ecuación de mínimos cuadrados $y = a + bx$, en donde a = peso del lechón, y b = edad. Para determinar la probabilidad entre sexos de las variables, se analizaron con regresión múltiple. El resultado del tamaño de la camada analizado con medidas de tendencia central y de dispersión en lactación de los lechones, se encontró variación de cada camada analizada; camadas numerosas al inicio de la lactancia fueron las más pesadas, sin embargo al destete, estos pesos de las camadas y número de lechones disminuyeron; Esto debido a la gran competencia que realizan los lechones en camadas numerosas por conseguir una teta al momento de cada lactancia, afectando principalmente a lechones de menor peso. Por ende, en camadas homogéneas existe mayor reparto de pesos de los lechones al nacimiento, obteniendo una mejor ganancias diaria de peso de 145.7 ± 013.4 g/día de los lechones en lactación, resultando mayores pesos individuales y de la camada hacia el destete.

Introducción

Una de las actividades rutinarias de los porcicultores en todo el mundo, es la comercialización del ganado porcino, proceso que está íntimamente relacionado con una eficiente producción en la granja. El binomio producción-comercialización está fuertemente asociado a las utilidades del productor, en consecuencia existe una constante búsqueda para mejorar la eficiencia productiva, para lo cual normalmente el enfoque se dirige a mejorar los procesos reproductivo y nutricional de la hembra porcina y de los animales en diferentes fases de crecimiento (García *et al*, 1989).

El ganado porcino es una especie altamente productiva, presentando durante toda su vida un crecimiento sostenido, si bien la velocidad de crecimiento disminuye conforme el tiempo avanza. Este crecimiento es consecuencia de la sumatoria de desarrollo de diferentes tipos de tejidos, principalmente muscular, óseo y adiposo; lo que depende de la capacidad del animal para depositar proteínas y/o lípidos, cuya importancia relativa varía ampliamente en función del tiempo a partir del nacimiento (Schinckel y Einstein, 1995).

Por tanto, la productividad del ganado porcino es consecuencia de la habilidad de los animales para expresar su capacidad genética, para transformar los alimentos que consumen en masas musculares y tejido adiposo, lo que depende de muchos factores tales como; edad, sexo, alimentación, manejo adecuado, clima, raza, cruce, tamaño de la camada, peso al nacimiento y peso al destete (García *et al*, 1989).

Conforme a lo anterior, resulta necesario conocer de manera detallada el comportamiento productivo del ganado porcino, para lo cual una de las herramientas utilizadas es el análisis de la curva de crecimiento, esto permite determinar las variaciones del desarrollo tisular que son reflejadas directamente en el peso del ganado porcino. La curva de crecimiento permite por el grado de

inclinación establecer etapas de eficiencia productiva, dado que está, no es más que la gráfica de los datos de peso alcanzado en un tiempo determinado, lo que corresponde a los volúmenes de producción tisular (Blasco *et al*, 1998).

La productividad porcina se refleja desde el nacimiento, existiendo una amplia variación de peso, a los 21 días, al destete y en cada una de las etapas biológicas de desarrollo hasta su venta. En tal variación, inciden una gran cantidad de factores, influyendo además el peso logrado en una etapa sobre la siguiente. En general se pueden establecer tres periodos en el ciclo productivo del porcino; del nacimiento al destete en el cual se refleja el efecto materno, el de crianza o destete que está determinado por la capacidad de adaptación del lechón a un nuevo entorno y del destete hasta su venta en el que variará la importancia relativa en el depósito de músculo y/o tejido adiposo. En los tres periodos el ambiente es fundamental, ya que permitirá la adecuada expresión de su potencial genético. Los factores por tanto, pueden considerarse como ambientales, propios del animal e inherentes a su madre, de esta última destacan la superficie endometrial disponible para la anidación embrionaria, el número de embriones y la productividad lechera, también influyen el peso al nacimiento, el tamaño de la camada, el sexo y la conducta lactacional entre otros (Thompson y Fraser, 1968).

Dentro de la etología porcina, desde el nacimiento se presenta una competencia intraespecífica alométrica característica de esta especie, esta sincronía conductual se refleja mediante una conducta agonística dirigida a jerarquizar, siendo el factor determinante el peso y el sexo. Los lechones desde el nacimiento hasta el destete luchan entre sí por la posesión de las tetas más productivas, siendo esto más frecuente en camadas más numerosas que en pequeñas, dado que no sólo satisfacen mejor su apetito, sino que además le garantizan un crecimiento mejor y más rápido, así, los lechones de camadas poco numerosas tienen menor variación de peso que las numerosas, por tanto la curva de crecimiento variará en función del tamaño de la camada, del sexo, y de la posesión de la teta elegida por el lechón (Lay *et al*, 2002).

El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto del tamaño de la camada sobre la curva de crecimiento de lechones.

Revisión de literatura.

La curva de crecimiento en lechones

La evolución del aumento de peso vivo a lo largo de la vida de un animal es un fenómeno complejo que depende del genotipo del animal, de efectos ambientales que persisten a lo largo del tiempo y que tienen un efecto variable con la edad y el desarrollo del animal, y de variaciones aleatorias puntuales que pueden afectar sólo en periodos cortos de tiempo (Blasco, 1998).

El crecimiento puede ser descrito simplemente exponiendo la variación en el tiempo de las medidas tomadas, sin que sea necesario en muchas ocasiones el realizar ajuste alguno a esas medidas. Un segundo paso es ajustar un polinomio a los datos, sea una ecuación cúbica o de potencias superiores. No es aconsejable el ajuste de polinomios por estas razones: la primera porque sus coeficientes carecen de interpretación biológica. La segunda razón porque el comportamiento de la ecuación fuera de la nube de puntos usada para estimarlo, puede ser ilógico. Por ejemplo, la predicción del peso adulto podría disminuir con el tiempo.

Para la mayor parte de trabajos científicos con animales, es de gran importancia resumir el fenómeno del crecimiento con pocos parámetros descriptivos, preferiblemente que puedan ser interpretados biológicamente. (Blasco, 1998).

Hay publicadas una cantidad verdaderamente ingente de ecuaciones que pueden ser ajustadas para representar este comportamiento de evolución del peso vivo, cada una de ellas creada a partir de argumentos biológicos distintos. En la práctica casi todas las curvas propuestas ajustan muy bien a los datos experimentales, lo que resulta un tanto desconcertante, pues se basan en leyes

En este aspecto, Leidenz *et al*, (1999), menciona que la época del año es otro de los factores que influye en el número de lechones nacidos vivos, concluyendo que la época seca parece estar asociada a mayores aumentos de camada.

Mejoramiento genético

El mejoramiento genético de las características de la camada es importante en la producción porcina. Estas pueden ser mejoradas por la selección genética, estimando los parámetros específicos disponibles de cada raza (Van der Lende *et al*, 2002; Chen *et al*, 2003a). Esto puede conllevar a incrementar la mortalidad durante el periodo de lactación, lo que puede afectar el número de lechones destetados (Roehle y Kalm, 2000).

Hibridación

La hibridación o heterosis, tiene un efecto beneficioso sobre algunos aspectos productivos del ganado porcino, como son el tamaño de la camada, la sobrevivencia y la velocidad de crecimiento, en este sentido, las razas puras parecen tener menor número de lechones por camada (Roehle, 1996). La ventaja máxima del cruzamiento se obtiene cuando se aparean animales híbridos, pudiéndose esperar un incremento adicional del 8.7% en el tamaño de la camada al ser destetados, esta mejora es debida a un incremento de un 4.7% adicional de porcinos nacidos vivos y a un elevado porcentaje de sobrevivencia. La ventaja reproductiva total de los porcinos híbridos sobre los porcinos puros resulta un 29% mayor, mejorando además el peso de la camada a los 21 días (Clutter *et al*, 1998).

Clutter *et al*, (1998), menciona que hembras híbridas de las razas Hampshire x Landrace, tienen el más alto rango para tamaño de la camada desde el nacimiento hasta los 21 días.

Raza

Las razas de los porcinos es otro factor importante en cuanto al tamaño de una camada, ya que esta puede variar incluso entre la misma raza. Las razas con los mayores índices de nacidos vivos en orden decreciente son la Yorkshire, Landrace, Hampshire, y Duroc (Chen *et al*, 2003b), sin embargo, también las hembras Chester White son superiores para el tamaño de la camada del nacimiento a los 21 días y hasta el destete con mayor peso. Las hembras Yorkshire siguen a la Chester white en cuanto a los factores de tamaño y peso de la camada del nacimiento al destete. Las hembras Landrace, Yorkshire, y Chester white son superiores en reproducción y habilidad materna (Clutter *et al*, 1998). En este aspecto, Segura y Segura, (1991), mencionan que las hembras de la raza materna Landrace, tienen camadas mayores que las de raza Yorkshire y Hampshire, pero la raza Yorkshire, tienen lechones de mayor tamaño que las de la raza Landrace.

Número de parto

Las hembras porcinas de primer parto tienen camadas poco numerosas en relación con las hembras de dos o más partos. Las hembras porcinas alcanzan la mayor producción al llegar a la madurez física, lo cual sucede al cuarto o quinto parto, después de los cuales empieza a descender debido a la edad del animal. (Gómez *et al*, 1999). Las camadas más grandes producen camadas más livianas sobre el promedio de peso (Segura y Segura 1991), aunque las hembras primerizas en buen estado corporal, podrían producir camadas tan grandes al nacimiento como las adultas (Gómez *et al*, 1999).

Influencia del verraco

El tamaño de la camada no está únicamente influenciado por la hembra porcina, también por el semental, sí bien, con una heredabilidad menor que la hembra porcina (Van der Lende *et al*, 2002).

Segura y Segura (1991), estudiaron el efecto de la raza del verraco sobre el tamaño de la camada, encontrando que las camadas procedentes de verracos Yorkshire, fueron menores que las camadas de verracos Hampshire y Duroc, además, indican que debe de considerarse el factor fertilidad, en cuanto al número de espermatozoides viables disponibles para la concepción, sugiriendo que durante el verano o en climas calurosos existe un efecto importante sobre la espermatogénesis, lo cual se refleja en la fertilidad del macho, siendo más afectados los sementales de razas menos adaptables.

Etología del ganado porcino

El lechón neonato en lactación

Inmediatamente después del nacimiento, los lechones se liberan de las envolturas fetales, se ponen de pie y comienzan a andar con movimientos incoordinados alrededor de la hembra porcina, reconociéndola y accediendo a los pezones transcurriendo entre 30 y 45 minutos después del parto. Durante las primeras horas los lechones permanecen junto a las mamas, moviéndose muy poco, mientras la hembra porcina al levantarse o al acostarse puede aplastarlos. Desde la fase de expulsión, el calostro ya esta disponible para los lechones que van naciendo, aunque el ciclo de amamantamiento no se inicia hasta transcurridas 6 u 8 horas después de finalizar el parto. Este ciclo se regula cada hora durante las primeras 3 o 4 semanas de edad, aumentando los intervalos entre amamantamiento (Daza, 1995).

El consumo medio de leche por lechón y por amamantamiento es muy variable, dependiendo entre otros factores el peso al nacimiento, lo que va a determinar su vitalidad durante la lactancia, del intervalo entre amamantamientos y del tamaño de la camada (Daza, 1995).

La adaptación y comportamiento, juegan un papel importante en mantener la temperatura corporal, el lechón neonato es capaz de elegir su micro ambiente, lo que reduce la exposición a temperaturas frías en los

primeros 3 días después del nacimiento, buscando calor con el grupo de hermanos o con la hembra porcina, manteniendo un mayor riesgo de ser aplastados los lechones de bajo peso que permanecen más tiempo con la teta de la hembra porcina que generalmente son los más hambrientos (Lay *et al*, 2002).

Los lechones machos tienen más desarrollado el vomeronasal, olfateando la ubre de la hembra porcina por las feromonas, con lo cual permanecen más tiempo a lado de la madre, incrementando la probabilidad de ser aplastados (Lay *et al*, 2002).

Competencia de los lechones

En los tres primeros días postparto, los lechones más vigorosos establecen la especificidad del pezón, posesionándose de las mamas pectorales en los que la eyección de leche se produce más rápidamente por estimulación. La especificidad de los pezones de las mamas abdominales, se establece más tarde, entre los 8 y 11 días postparto, manteniéndose generalmente la relación lechón-pezón correspondiente durante toda la lactancia. Aunque pueden darse errores posicionales, sobre todo en las mamas de la zona media, originando como consecuencia peleas entre lechones (Daza, 1995). Las disputas por la teta antes de la eyección de la leche, se pueden observar al nacimiento o a los, 4, 10, y 17 días consecutivamente, observándose mayores disputas en camadas numerosas.

La competencia de los lechones en lactación es un factor que influye en los cambios de su ganancia de peso, se han identificado dos tipos de competencia; directa e indirecta (Thompson y Fraser, 1986; 1988).

Directa: Este tipo de competencia se basa principalmente en la posesión de la teta, lo que se refleja por la frecuencia de luchas debido al alto grado de persistencia de utilizar la misma teta (Milligan *et al*, 2001). En general en las camadas numerosas, los lechones más grandes desplazan a sus compañeros

pequeños, parcial o completamente de las mamas, estableciéndose ellos principalmente en los primeros días después del parto (Thompson y Fraser, 1986).

Indirecta: Esta es limitada por la producción de leche de la hembra porcina. Los lechones más grandes obtienen mayor ganancia de peso debido a que estimulan con mayor efectividad su teta, teniendo un mejor vaciado y obteniendo mayor volumen de nutrientes de la leche, adquiriendo un mejor incremento de peso en toda la lactancia (Thompson y Fraser, 1986; Milligan *et al*, 2001).

Los lechones con bajo peso al nacimiento, están comprometidos fisiológicamente con insuficientes condiciones de reservas de energía y son más susceptibles al frío, siendo una desventaja al competir con sus hermanos más pesados por la ubre (Lay *et al*, 2002).

La hembra

Las hembras de los suídeos salvajes, tienen un comportamiento más nervioso con los humanos y con sus lechones, cambiándose de posición más veces en el amamantamiento. El comportamiento de la hembra porcina es fundamental en relación con los lechones aplastados, en general esto sucede durante el primer día de edad, cuando la hembra porcina se cambia de posición de un lado a otro, anunciando con gruñidos en que momento va a echarse, ocurriendo con mayor probabilidad los aplastados, en corrales chicos y camadas grandes, afectando principalmente lechones con menor peso. Otra causa de muerte de lechones es por agresiones entre el lechón y su madre, principalmente en cerdas salvajes, observándose un mayor porcentaje en hembras primerizas, reduciéndose paulatinamente en partos posteriores, esta situación es también ocasionada por partos distócicos y largos (Lay *et al*, 2002).

Desfavorablemente, en la hembra porcina moderna genéticamente seleccionada, se enfatiza en características de crecimiento del lechón, número de lechones nacidos vivos y números de lechones destetados por hembra porcina por año, omitiendo el comportamiento maternal, lo que varía grandemente entre hembras, observando resultados en comportamientos maternos pobres, que contribuyen a lechones aplastados. Parece ser que la hembra porcina de raza Duroc, aplasta menos lechones que las hembras de raza Hampshire y Landrace (Lay *et al*, 2002).

Factores que determinan la supervivencia del lechón

Los factores que directa o indirectamente determinan la supervivencia del lechón son muy variados. Cualquier factor que influya en la adaptación al nuevo ambiente y/o la vitalidad del lechón para obtener un lugar a la hora de amamantarse, conllevará a una reducción en las posibilidades de supervivencia del animal (Casellas *et al*, 2003).

Partos largos y distócicos

El resultado de las camadas numerosas, es que propician partos largos, lo que puede tener un efecto crítico al nacimiento del lechón y su supervivencia al parto (Lay *et al*, 2002).

Los partos distócicos tienen como resultado la privación de oxígeno al lechón, causando hipoxia y contribuyendo con muertes durante el proceso del parto o consecuentemente, más aún disminuyendo el flujo sanguíneo del feto que es común en la contracción uterina normal del parto. Los nacimientos con un amplio esfuerzo se asocian a elevadas pérdidas por hipoxia, de partos aproximadamente de 6 horas; otros factores están asociados a condiciones inadecuadas durante la gestación, alojamiento, época de parto, tamaño de la camada y reservas corporales al parto (Lay *et al*, 2002).

Reservas corporales del lechón neonato

Las reservas corporales de cualquier individuo es fundamental y crítica en las primeras horas de vida. Los requerimientos de energía de la hembra porcina gestante dependen de la reserva de energía de su cuerpo. Por ende, los lechones después del nacimiento dependen de sus propias reservas de carbohidratos y glucógeno (Noblet *et al*, 1997). En los lechones neonatos, las reservas de carbohidratos en hígado y músculo es de aproximadamente 100 - 120 mg/g de tejido, alcanzando niveles máximos a las 12, 18, 36 a 48 horas de vida (Lay *et al*, 2002), si bien, los depósitos de glucógeno al nacimiento son altos, disminuyen rápidamente entre las 12 y 18 horas postparto (Miller *et al*, 1994).

La energía se almacena en el cuerpo del animal como glucógeno, proteína, o lípidos, en este aspecto, las reservas de glucógeno tienen gran importancia en el metabolismo energético a corto plazo. El glucógeno del hígado y del músculo, es sintetizado a partir de la glucosa después de una ingestión de alimento, y se utiliza más tarde para otros propósitos. A largo plazo las reservas de glucógeno varían poco y representan una pequeña proporción de almacenamiento de energía; el tejido adiposo será el más importante almacén de energía, la densidad energética del tejido adiposo es de tres a cuatro veces mayor que la del tejido magro. La densidad energética típica de los lípidos se considera de 39.8 kJ/g y de la proteína 23.8 kJ/g (Van Milgen, 2002).

Termorregulación del lechón neonato

El nacimiento es un momento crucial en la vida de los lechones al tener que adaptarse rápidamente a un nuevo ambiente, ya que cualquier retraso puede implicar una desventaja importante a la hora de competir con el resto de la camada por la leche, y reducir drásticamente la probabilidad de supervivencia. Esta adaptabilidad al ambiente externo se ha relacionado con la capacidad de termorregulación de los lechones, pero existen otras variables

fisiológicas, como la frecuencia cardiaca o la saturación arterial de oxígeno, que sufre cambios drásticos durante los primeros minutos de vida y que desafortunadamente son poco conocidas en animales (Casellas *et al*, 2002).

El estrés por frío es un factor crítico afectando la supervivencia del lechón, principalmente en los primeros días de vida, el cambio brusco del medio uterino a condiciones ambientales entre los 15 y 20 °C es crucial; el lechón recién nacido tiene una zona termoneutral, protegiendo al corazón primordialmente manteniéndolo en límites normales y actuando 24 a 48 horas después del nacimiento (Lay *et al*, 2002).

En los lechones recién nacidos el balance homeotérmico es fundamental para la termorregulación, y depende de la habilidad de los lechones de producir calor en reacción al frío, la cúspide del metabolismo es aproximadamente cuatro veces mayor en el primer día de vida (Noblet *et al*, 1997).

Las respuestas o reacciones a los cambios en la temperatura ambiental son derivadas de los estímulos cutáneos y cerebrales. Los cutáneos son menos sensibles y responden a variaciones de temperatura en el orden de 1°C, mientras que los cerebrales son altamente sensibles y precisos, respondiendo a cambios de temperatura en la sangre de milésimo de grado centígrado. Algunos de los receptores están localizados en el hipotálamo anterior y responde a sensaciones de calor y los localizados en el hipotálamo posterior a sensaciones de frío. El hipotálamo estimula a la hipófisis la cual a su vez estimula a las glándulas suprarrenales que producen epinefrina y norepinefrina, hormonas directamente relacionadas con el control de la temperatura corporal (Zinin y Dos Passos, 1999).

Los mecanismos que reducen la temperatura corporal son: evaporación cutánea, poco significativa en los porcinos, ya que prácticamente no poseen glándulas sudoríparas, y la vasodilatación. Esta última es importante ya que aumenta la transferencia de calor a través de la piel hasta ocho veces. El hipotálamo es el centro de control de temperatura corporal, sin embargo, de

acuerdo a evidencias obtenidas recientemente, otras partes del cerebro también tienen funciones termorreguladoras (Zinin y Dos Passos, 1999).

Otros factores fisiológicos que actúan contra el frío son: Reducción del flujo sanguíneo periférico, escalofríos y el incremento de porcentajes del metabolismo como ayuda en la producción de calor (Lay *et al*, 2002). El escalofrío es uno de los principales mecanismos de producción de calor en el recién nacido (Noblet *et al*, 1997).

El tamaño del lechón es también un factor importante asociado a la termorregulación en el recién nacido, los lechones con peso bajo al nacimiento tienen un mayor riesgo de hipotermia, a diferencia de los lechones grandes que tienen mayores reservas energéticas (Noblet *et al*, 1997; Lay *et al*, 2002). Los animales de menor peso son los más afectados debido a que poseen una dimensión de espacio mayor y menores reservas de energía en comparación con los de mayor peso. Desde el nacimiento la temperatura corporal desciende rápidamente de 39 °C a 37 °C en los lechones, luego de alimentarse, la temperatura sube a lo normal (39 °C a 40.5 °C) en aproximadamente 1 o 2 horas, lo cual no sucede en los de menor peso (Zinin y Dos Passos, 1999).

La rápida ingestión de calostro por los lechones recién nacidos es vital, no sólo para la protección inmune, sino también para asegurar el suficiente suministro para la termorregulación (Noblet *et al*, 1997), dadas sus bajas reservas de grasa y carbohidratos al nacimiento (Schoknecht *et al*, 1997).

La ingestión de calostro al nacimiento

Cuando el lechón nace no ha recibido inmunidad materna a través de la placenta y su propio sistema es aún inmaduro. Por tanto, el calostro que reciba de la madre durante las primeras horas de vida, le proveerá con las primeras defensas contra infecciones tempranas. Las inmunoglobulinas son proteínas muy grandes que generalmente no cruzan la barrera intestinal, pero el intestino del lechón recién nacido tiene una gran permeabilidad que permite que estas

proteínas lo crucen durante las primeras 24 horas de vida. Después de esta edad esa permeabilidad desaparece. Un lechón que no ha consumido calostro en este periodo, tiene menos probabilidad de sobrevivencia, no solo por la menor permeabilidad intestinal, sino principalmente por la disminución de los niveles de inmunoglobulinas después de las 24 horas de vida (Goasduf, 2000).

El consumo de calostro es necesario para cada neonato, principalmente en el primer amamantamiento, ocurriendo usualmente de 20 a 30 minutos después del nacimiento, con un promedio de consumo de 200 a 300 g/kg por lechón sobre las 24 horas de vida (Noblet *et al*, 1997). Los porcinos recién nacidos deben recibir calostro inmediatamente después del parto para alcanzar un nivel máximo de inmunoglobulinas a las 12 horas de vida. Los más débiles que no ingieren o ingieren poco calostro y que pierden peso poco después del parto tienen una probabilidad de supervivencia menor como consecuencia de adquirir una inmunidad pasiva más baja. Las necesidades de calostro son de 50 a 60 gramos, no suponiendo ningún beneficio adicional de ingestiones superiores (Daza, 1995). Sin embargo, la alta concentración de nutrientes en el calostro es también crítico para la supervivencia y estimulación del crecimiento posterior (Schoknecht, 1997).

El incremento de hipoxia y la cantidad del tiempo entre el nacimiento y la primera succión de calostro está asociado con hipotermia, con lo cual se reduce el crecimiento postnatal y se eleva la mortalidad neonatal. Pero el principal efecto de la ingestión de calostro es sobre el metabolismo de los carbohidratos, utilizando las reservas energéticas hasta las 11 o 12 horas de vida (Lay *et al*, 2002).

El sistema Inmune del lechón neonato

Como se ha mencionado, el sistema inmune del lechón no se desarrolla plenamente hasta que tiene de 3 a 4 semanas de edad, mientras tanto, el calostro es la única fuente de proteína inmune que dispone (Kephart, 2001).

Las inmunoglobulinas calostrales (IgA, IgM, IgG) se degradan y diluyen en el torrente sanguíneo de manera progresiva durante las dos primeras semanas de vida, de forma que entre los 14 y 21 días de edad, el lechón se encuentra en los mínimos niveles de defensa inmunitaria. A partir de la tercera semana de vida, el lechón comienza a ser inmunocompetente, es decir, comienza la propia producción de anticuerpos, pero no será hasta la 6 u 8 semana de vida cuando haya completado su maduración inmunológica (Ribot, 1995).

Endocrinología

Se ha demostrado que los procesos fisiológicos y la actividad de comportamiento que determina la supervivencia de la camada, están controlados por el estado endocrino de los recién nacidos. Así, parece que los estrógenos están relacionados con el intervalo nacimiento - primera succión de calostro, y la hormona ACTH (hormona adrenocorticotropa) con los niveles de competencia entre lechones por las mamas (actividad agonística) en el intervalo citado (Daza, 1995).

En los procesos termogénicos que mantienen la temperatura corporal durante la exposición al frío en la mayor parte de los animales están involucradas un conjunto de hormonas: TRH (factor liberador de la tiotropina), TSH (hormona estimulante de la tiroides) y la tiroxina, mientras que los glucocorticoides a través de su posible efecto anabólico en el sistema digestivo del lechón, podrían dotar a la camada de una mayor inmunidad pasiva (Daza, 1995).

En los porcinos neonatos, así como en los porcinos en crecimiento, la somatotropina regula el metabolismo del tejido adiposo por medio de una disminución de lípidos, aumentando la cantidad de la lipólisis LPL. De esta manera, la somatotropina puede jugar un rol importante en la repartición de nutrientes durante el periodo neonatal. La habilidad de la somatotropina para inhibir los depósitos de lípidos en el tejido adiposo tiene ya un desarrollo al nacimiento. En fetos y recién nacidos obesos, la concentración de somatotropina circulante es menor que en porcinos normales (Wang *et al*, 1998).

Selección genética para la supervivencia

La heredabilidad de la supervivencia del lechón y la mortalidad de la camada es dependiente de genes, tanto del lechón como de la madre. La selección genética de lechones para la supervivencia, puede mostrar un efecto directo al inicio de la lactancia hasta el destete, ambas con o sin correlación por el peso del lechón al nacimiento (Tettle *et al*, 2002), produciendo mejoras durante el periodo de lactancia (Roehe y Kalm, 2000).

Efecto de la heterosis sobre la supervivencia

El efecto positivo de la heterosis sobre la supervivencia del lechón, mejora (Clutter *et al*, 1998) entre un 4 y un 20 % en camadas cruzadas, comparado con lechones de raza pura (Lay *et al*, 2002), declinando linealmente del nacimiento a los 21 días de vida (Jungst *et al*, 1998).

Adopción de lechones

La adopción de los lechones consiste en pasar los lechones más grandes de las hembras malas productoras o camadas más numerosas, a hembras buenas productoras y con buen instinto maternal, dejando los más débiles con sus propias madres, procurando homogenizar camadas en números y pesos de los lechones, según el potencial productivo de la hembra porcina involucrada

Para tamaño de la camada, similares y análogos del manejo nutricional de la hembra porcina durante la gestación, se han observado diferencias del peso de la camada entre razas e individuos pertenecientes a una misma raza, admitiendo que el cruzamiento mejora ligeramente el peso de la camada y la consanguinidad lo disminuye, logrando porcentajes de heterosis bajos (2-3.5%) (Clutter, 1998).

Efecto de la época del año

Otro factor importante es la influencia del mes o época del año, sobre la capacidad reproductiva de la hembra porcina, es decir, la época del servicio, ya que está correlacionado con el peso de la camada al nacimiento (Gómez *et al*, 1999; Leidenz *et al*, 1999).

Efecto de la cruce sobre el peso de la camada

La reproducción de camadas con doble cruce, permite obtener camadas con un 11.3% de mayor peso que las camadas puras (Clutter *et al*, 1998) y menciona que las hembras Chester white x Yorkshire tiene el mayor índice de peso de la camada hasta los 21 días, teniendo además un alto índice de concepción.

En relación de la influencia del verraco, sobre el peso de la camada, parece ser que sólo se observa el efecto al nacimiento, y se va perdiendo conforme se incrementa la edad de los lechones (Chang *et al*, 1999).

Peso del lechón al nacimiento

En el peso al nacimiento influyen factores intrínsecos del animal: tipo genético, sexo, factores inherentes y externos a la reproductora: tamaño de la camada, edad de la hembra porcina, alimentación durante la gestación, condiciones ambientales y estado sanitario (Daza, 1995).

El peso de los lechones al nacimiento parece ser un factor fundamental para la supervivencia y crecimiento durante la lactancia y fases posteriores (Daza, 1995). Los lechones con mayor peso al nacimiento tienen una tendencia a lograr ganancias de pesos mayores (Thompson y Fraser, 1986; Van der Lende *et al*, 2002), además, permite establecer dominio de la teta con las consecuencias favorables (Milligan *et al*, 2001).

Lechones menores a 1 kg, muestran valores más bajos en la saturación de oxígeno, temperatura y peso vivo, mientras que necesitan más tiempo para llegar a las tetas y empezar a mamar (Casellas *et al*, 2002). Estos pesos inicialmente bajos persisten hasta los 14 días de vida (Thompson y Fraser, 1988), con probabilidades altas de pérdidas en ambientes fríos y mortalidades predestete (Roehe y Kalm, 2000; Lay *et al*, 2002).

El efecto del sexo se traduce en un mayor peso al nacimiento de los machos que de las hembras, habiéndose observado diferencias medias comprendidas entre 33 y 110 gramos (Daza, 1995).

Sin embargo, el peso individual tiene incrementos por la heterosis directa del lechón (Roehe, 1996), así, pesos al nacimiento individuales de 1.0, 1.2, 1.5 y 1.8 kg, pueden tener un incremento de peso rápido por la heredabilidad (Roehe y Kalm, 2000).

Los lechones con bajo peso al nacimiento, tienen porcentajes reducidos de supervivencia neonatal (Lay *et al*, 2002). En este sentido, pesos mínimos de 900 - 1000 gramos es una condición necesaria para que los lechones tengan posibilidades razonables de sobrevivir, a diferencia de pesos menores, debido a sus escasas reservas de glucógeno hepático, músculo y grasa (Daza *et al*, 1998)

Factores inherentes a la hembra porcina.

El tamaño de la camada aumenta con el número de parto, alcanzándose los máximos entre el 4° y el 5° parto disminuyendo progresivamente. Como

consecuencia cuando se corrige la prolificidad, el peso del lechón al nacimiento disminuye con el número de la camada. Una supervivencia embrionaria elevada, determina un mayor reparto de la superficie del endometrio y un menor aporte de nutrientes al feto durante la gestación, fenómenos que derivan en una disminución significativa del peso del lechón al nacimiento conforme aumenta el tamaño de la camada (Daza, 1995).

El genotipo de la madre cuando se comparan cerdas puras y cruzadas, cubiertas por un mismo semental, tiene poca influencia sobre el peso del lechón al nacimiento, aunque los resultados son variados (Daza, 1995).

El factor externo a la hembra porcina que tiene mayor influencia sobre el peso del lechón al nacimiento, es la alimentación recibida durante la gestación. Una sobre alimentación de la hembra porcina durante la gestación origina problemas al parto de aplomos y del consumo durante la lactación. Aunque la alimentación proteica parece que tiene poca influencia sobre el peso de los lechones al nacimiento, una ingestión insuficiente de proteína durante la gestación puede disminuirlo, así como situaciones carenciales de ácido linoléico, ácido fólico, vitamina A y algunos minerales tales como el yodo y el sodio (Daza, 1995; Mahan y Vallet, 1997).

Aunque el efecto del fotoperíodo sobre el peso de la camada y de los lechones ha sido poco estudiado, cabe pensar, que como la duración del fotoperíodo aumenta la producción de hormonas gonadotrópicas, puede favorecer el desarrollo embrionario y fetal, por esta razón, podría justificarse un mayor peso al nacimiento de los lechones nacidos en verano (Daza, 1995).

Un estado sanitario inadecuado de la hembra porcina gestante puede afectar negativamente el peso del lechón al nacimiento, originándose lechones débiles y de poca vitalidad, con escasas probabilidades de sobrevivir durante la lactancia (Daza, 1995; Quiles y Hevia, 2003).

Crecimiento de la camada

El crecimiento de los lechones durante la lactancia están involucrados factores inherentes a la madre: raza, edad, tamaño de la camada, producción de leche, y al lechón: tipo genético, sexo, peso al nacimiento, así como un conjunto de variables nutricionales, ambientales, y sanitarias que pueden afectarlos a ambos (Daza, 1995).

Factores ligados a la hembra porcina

Los factores de edad de la hembra porcina y tamaño de la camada están altamente correlacionados con la producción de leche. Considerando como razas maternas Large White y Landrace, se puede esperar en ellas una mayor producción de leche, y como consecuencia, un mayor peso de la camada al destete, ya que entre el 40 y el 60 % de la variación de peso de la camada al destete, depende de la producción de leche de la madre, aumentando dicho porcentaje conforme disminuye la edad al destete. Todos los factores, nutricionales, ambientales y sanitarios que afecten negativamente a la hembra porcina para la producción de leche, afectarán también en mayor o menor grado el crecimiento de la camada (Miller *et al*, 1994; Daza, 1995).

Producción de leche de la hembra porcina

El lechón depende de la producción y habilidad productiva de la hembra porcina (Mckay, 1994). La producción de leche de la hembra porcina es uno de los factores limitantes en el crecimiento de los lechones, tanto en producción como constitución (Miller *et al*, 1994; Daza, 1995). Hembras que tienen baja producción de leche al inicio de la lactancia, tienen una tendencia a producir un periodo más largo, y baja viabilidad de la camada (Thompson y Fraser, 1988).

Producciones bajas de leche de hembra porcina al primer día o después del parto, están asociadas a altas temperaturas (41 °C), con escasez de apetito, inflamación de la glándula mamaria e infecciones microbianas, afectando la ganancia diaria de peso del lechón (Thompson y Fraser, 1988).

Mckay, (1994). Comenta que la producción de leche en las razas Yorkshire, Hampshire, y Landrace, es diferente entre ellas afectando el peso de la camada al destete, con pesos diferentes.

El desarrollo mamario está establecido entre los días 75 al 100 de gestación, un exceso en el consumo de energía en este momento, aumenta los depósitos de grasa en la glándula mamaria, los cuales reemplazan a las células secretoras, con lo que resulta una disminución en la producción de leche. El consumo excesivo de alimento debe evitarse en este periodo (Tokach, 2001).

Factores del lechón

El tipo genético del lechón influye sobre la velocidad de crecimiento durante la lactancia, el cruzamiento entre razas mejora sólo ligeramente la ganancia diaria de peso de la descendencia (Daza, 1995).

La diferencia en el crecimiento diario entre hembras y machos durante la lactancia, no es significativa, a pesar de que los machos tengan un mayor peso al nacimiento. Parece ser que las hembras se adaptan mejor que los machos a las circunstancias del medio y que son más agresivas, logrando antes que los machos la especificidad del pezón de las mamas pectorales más productivas. Machos y hembras alcanzan pesos similares al destete de modo que la ligerísima superioridad del crecimiento de las hembras compensa la diferencia del peso al nacimiento con los machos (Daza, 1995). Aunque dentro de los lechones más pequeños, las hembras pueden tener una ventaja más grande de supervivencia que los machos, ya que estos contemplan más duelos y omiten su teta correspondiente, dando mayor oportunidad a que las hembras se establezcan (Lay *et al*, 2002).

La velocidad de crecimiento del lechón va aumentando progresivamente hasta los 18-21 días de edad, aunque después de este tiempo, si no recibe un suplemento alimenticio, la ganancia diaria de peso disminuye debido a que la producción de leche de la hembra porcina comienza a decaer y paralelamente

las necesidades nutritivas de los lechones aumentan, de ahí la conveniencia de administrar alimento sólido a la camada desde una edad temprana para no disminuir su crecimiento y para atenuar la crisis del destete (Daza, 1995; Spreeuwenberg, 2001).

Las temperaturas subóptimas en la maternidad (de bajo de 32 - 34 °C) (Noblet *et al*, 1997), sobre todo durante las dos primeras semanas de vida, en las que el lechón todavía no ha desarrollado su mecanismo termorregulador, reduce las ganancias diarias de peso debido a las pérdidas energéticas por radiación y convección de calor que se originan (Daza, 1995; Quiles y Hevia, 2003).

Mortalidad de lechones durante la lactancia

El lechón recién nacido con deficiencias fisiológicas está predispuesto a morbilidad y mortalidad más altas (Lay *et al*, 2002). Además, esta situación está asociada con baja producción de leche durante los primeros días después del parto, sumando hipoglucemia poco común (Miller *et al*, 1994). La morbilidad pre-destete de lechones es del 12% de todos los lechones nacidos vivos (Roehe y Kalm, 2000). Aunque para Casellas *et al*, (2003), aproximadamente el 13 % de los lechones nacidos vivos mueren antes del destete y cerca de la mitad de estas bajas se producen dentro de los primeros tres días de vida. Por lo contrario, Daza *et al*, (1995), menciona que alrededor de dos tercios de la mortalidad desde el nacimiento al destete acontece durante los tres primeros días de vida del lechón, indicando que la principal causa de mortalidad son los aplastados y el bajo peso del lechón al parto, durante los primeros días postparto como desde el tercer día hasta el destete. El 80% de los lechones aplastados ocurren durante los cinco primeros días de lactación, fundamentalmente, en la región trasera de la hembra porcina. Los lechones débiles poco activos y de bajo peso al parto, encuentra sería dificultad para nutrirse debido a la competencia de los más fuertes por la ingestión de calostro, apareciendo en ellos el síndrome FHA (frío-hambre-aplastamiento).

Existen además cuadros patológicos de la reproductora (mastitis, agalactia, síndrome M.M.A. etc.) que determinan la desnutrición de la camada. Anomalías intrínsecas del lechón (genéticas) y canibalismo, sobre todo en hembras primíparas (Daza, 1995).

Lay *et al*, (2002), menciona que el porcentaje de mortalidad neonatal en la raza Large White es del 12%, y en la Pietrain del 20%, típicamente en camadas numerosas de 10 lechones nacidos vivos o más.

Efecto del sexo

Aunque los lechones más pequeños siendo hembras o machos tienen pocas probabilidades de supervivencia, las hembras pueden tener una ventaja mayor sobre los machos, los machos débiles con hambre, enfrentan riñas con otros machos disputando la ubre, agotando sus reservas y exponiéndose a ser aplastados por la hembra porcina (Lay *et al*, 2002).

Factores ligados a la madre

Se admite correlación entre la mortalidad con el número de parto y prolificidad, aunque hay que señalar que la mortalidad en la primera lactancia puede ser superior a la de la segunda. El canibalismo de la hembra porcina primípara parece ser un componente de este fenómeno al que podría añadir su menor producción de leche. La capacidad lechera, número y disposición de pezones funcionales y comportamiento maternal afectan la mortalidad, de modo que todos los factores que influyan directamente sobre estos, incidirán indirectamente sobre la supervivencia de la camada (Daza, 1995; Quiles y Hevia, 2003).

Aunque el comportamiento maternal es un carácter de difícil evaluación, se ha comprobado que las hembras porcinas Chinas de raza Meishan exhiben características conductuales más favorables para la supervivencia de la camada que hembras Large White, menor duración del parto (9 minutos/lechón vs 25 minutos/lechón), reconocimiento y aceptación rápida de los lechones

después del parto, mayor tiempo de contacto entre el aparato mamario y la camada durante la lactancia (75 vs 59 %), fenómenos que se traducen en una mortalidad menor de los lechones Meishan frente a los Large White (8.4 frente a 13.3 %), a pesar de la mayor prolificidad de la camadas Meishan (Daza, 1995).

Factores ligados al lechón y a la camada

La heterogeneidad del peso al nacimiento de los lechones, es un factor que influye en la mortalidad de una forma más directa, incluso que su peso medio al parto. En camadas heterogéneas la competencia entre lechones por los pezones da lugar a que los más pequeños consuman entre un 30 y un 40 % menos de calostro que los más pesados y vigorosos, prolongándose la competencia por el alimento prácticamente hasta el destete (Daza, 1995).

Medio ambiente

Durante la gestación el feto se encuentra en un medio húmedo y a 39 °C, pero cuando es expulsado al exterior el neonato se encuentra a temperaturas más bajas, desafiando su temperatura corporal y recuperándola unas horas después, una vez que ha ingerido repetidamente calostro. El descenso térmico es especialmente elevado en lechones con poco peso que encuentran una temperatura exterior poco favorable apareciendo hipotermia, un estado de aletargamiento que dificulta o impide la ingestión de calostro, desencadenándose la muerte por inanición o por aplastamiento (Daza, 1995; Zinin y Dos passos, 1999).

Nutrición de la hembra porcina gestante

El alto o bajo consumo de alimento es un punto clave durante la gestación, y puede causar efectos negativos o conllevar a ventajas específicas (Tokach, 2001). La importancia de la ingestión de energía durante la gestación, influye subsecuentemente en el rendimiento reproductivo de la hembra porcina, en el desarrollo fetal, peso del lechón al nacimiento, mortalidad de los lechones,

crecimiento durante la lactancia y el periodo post-destete. La ingestión de proteína durante la gestación es necesario para el crecimiento normal de los fetos (Schoknecht, 1997).

Un alto consumo antes del día 30 de gestación disminuye la supervivencia del embrión. Hay mayores pérdidas embrionarias cuando las cerdas que están en buena condición corporal se sobrealimentan, mientras que en cerdas con pobre condición corporal, debido al bajo consumo de alimento durante la lactancia anterior, la supervivencia de embriones mejora suministrándoles alimentación extra los 21 o 30 días después del servicio (Tokach, 2001).

El aumento de la ingestión de alimento de los porcinos del día 80 de gestación, puede mejorar el peso al nacimiento, el índice de crecimiento magro postnatal de la camada, y las fases del crecimiento al sacrificio (Dwyer *et al*, 1994).

En los porcinos, las diferencias de nutrientes en la gestación, provocan bajo peso de lechones al nacimiento, una disminución en el número de fibras musculares y una reducción de la velocidad de crecimiento postnatal (Dwyer *et al*, 1994).

La camada tiene distribuciones diferentes de peso de los lechones al nacimiento, índices de crecimiento y número de fibras musculares, esta variación está asociada por bajas en el útero, causando una reducción en las células musculares en los porcinos pequeños afectando la cantidad de fibras secundarias (Dwyer *et al*, 1994).

Número de fibras musculares

El número de fibras musculares es una determinante importante de la masa muscular y por tanto, es de importancia en la crianza de porcinos con propósitos comerciales, la hiperplasia de las fibras musculares está determinado a los 90 días de gestación para fibras primarias y secundarias,

primeramente las fibras primarias con función de mioblastos primarios, seguidos de fibras secundarias superficiales encima de las primarias que se desarrollan por varios factores incluyendo los nutricionales.

Fibras secundarias

La hiperplasia de las fibras secundarias empieza aproximadamente a los 50 días de gestación hasta 85 o 90 días, el número total de fibras esta determinado desde antes del nacimiento. El efecto del número de fibras musculares no se ve afectado por el sexo (Dwyer *et al*, 1994).

En el periodo de los 100 a 112 días de gestación, se debe prevenir que la hembra porcina pierda peso y grasa dorsal debido al rápido crecimiento fetal. Una falla en el consumo de alimento durante este periodo resultará en cerdas deficientes en energía, comenzando a utilizar sus propias depósitos de grasa si no se satisfacen sus necesidades energéticas (Tokach, 2001).

Para aumentar el peso del lechón al nacimiento y mejorar la homogeneidad de la camada, se recomienda incrementar al aporte energético diario durante el último mes de gestación mediante la adición de grasa a la ración. Además, la incorporación de grasa al alimento de lactación mejora la producción de leche y la ganancia diaria de peso de los lechones (Daza, 1995; Tilton *et al*, 1999).

Vitaminas y minerales en la gestación

El periodo de gestación de la hembra porcina tiene requerimientos temporalmente altos de ciertas vitaminas y minerales, Retinol y Fe en el desarrollo del feto, vitamina A, E, y ácido fólico para el mantenimiento de la gestación. Una inadecuada nutrición con deficiencias de estos componentes, afecta el desarrollo fetal y la condición de la madre. Por ende, una nutrición adecuada a la hembra porcina, mejora el porcentaje de supervivencia embrionaria, con resultados de fetos óptimos y un buen desarrollo postnatal de

los lechones. Las vitaminas antioxidantes, no sólo logran mantener la gestación, además se involucran en el desarrollo fetal (Mahan y Vallet, 1997).

El ácido fólico tiene un papel importante en el mantenimiento de la fase reproductiva de la hembra porcina y en el primer desarrollo fetal. El ácido fólico adicional mejora la supervivencia embrionaria, particularmente en el periodo crítico de gestación a los 60 días, y en el porcentaje de ovulación, incrementándolo debido a un flushing o a una estimulación hormonal. La suplementación de ácido fólico en gestación de la hembra porcina durante el primer tercio de gestación, incrementa el tamaño de la camada, particularmente en hembras múltiparas (Mahan y Vallet, 1997).

Desarrollo esquelético fetal

El calcio en la dieta de la hembra porcina es importante durante la gestación debido a los requerimientos incrementados por el desarrollo esquelético fetal y durante la lactancia (Miller *et al*, 1994).

Nutrición de la hembra porcina en lactancia

La nutrición de la hembra porcina en gestación y lactancia es fundamental para la transformación en leche usando triglicéridos de cadena media y larga, teniendo efecto de estimulación de glucosa (Lay *et al*, 2002), además requiere de adecuados consumos de energía como combustible en la producción de leche, afectando directamente el crecimiento de los lechones, principalmente en lactaciones largas (Schoknecht, 1997).

El aumento de lisina con un requerimiento del 54% y proteína en la dieta de la hembra porcina lactante, aumenta el peso de la camada al destete y su ganancia de peso. Las hembras porcinas altas productoras que destetan 10 o más lechones, requieren un incremento en la dieta de lisina y valina para aumentar la velocidad de crecimiento y minimizar la pérdida de peso,

comparado con hembras que destetan menos de 10 lechones (Richert *et al*, 1997).

Las hembras porcinas más magras, usan el tejido muscular en lugar de la grasa para apoyar la lactación, ya que sus reservas corporales de músculo son mayores que las de grasa. El catabolismo del músculo es una fuente menos eficiente de energía que la de grasa por lo que es muy importante maximizar la ingesta de alimento, tanto al inicio, como durante toda la lactación de hembras genéticamente magras (Newton, 1999).

Parece ser que una fuente de fibra en la dieta de gestación puede aumentar el número de lechones nacidos y mejorar la ingesta de alimento durante la lactancia (Newton, 1999).

Alimentación del lechón en lactancia

La grasa láctea está presente en forma emulsificada, representando más del 50 % del contenido energético de la leche porcina. Las lipasas y proteasas pancreáticas son suficientemente aportadas al lechón, lo que le permite la digestión de elevadas cantidades de grasa y proteínas como la albúmina y la caseína que son altamente digestibles, además de contener un perfil de aminoácidos perfecto (Ribot, 1995).

El lechón también está naturalmente preparado para digerir los carbohidratos presentes en la leche porcina, principalmente en forma de lactosa, por medio de la hidrólisis enzimática que la transforma en glucosa y galactosa. Pero además, la lactosa favorece el desarrollo de una flora bacteriana de carácter beneficioso, representada principalmente por los lactobacilos (Ribot, 1995).

La flora bacteriana

La interacción entre la flora bacteriana y el lechón debe ser de carácter saprofito. Las bacterias son productoras de vitaminas, ácidos y enzimas útiles para el hospedador, el que a su vez provee de nutrientes y un medio adecuado para el desarrollo de la flora bacteriana. Esta relación tiene un equilibrio delicado, fácilmente alterado por múltiples factores. La proporción entre lactobacilos y *Escherichia Coli* debe mantenerse para lograr un intestino sano (Ribot, 1995).

Los primeros alimentos para el lechón incluyen elevadas cantidades de productos lácteos, así como dextrosa al ser este último un azúcar que se absorbe directamente en el intestino sin precisar modificación química alguna. Con la edad, el equilibrio enzimático se modifica, de tal forma que mientras disminuyen las concentraciones de lactasa, aumentan la amilasa y maltasa, enzimas requeridas para degradar carbohidratos más complejos (Ribot, 1995).

A partir de la 3ª o 4ª semana de vida, el aparato digestivo del lechón procesa adecuadamente cantidades importantes de hidratos de carbono, pero no es hasta la 5ª semana cuando utiliza plenamente las fuentes energéticas de origen vegetal (Ribot, 1995).

Digestión de proteína; El estómago del porcino adulto produce cantidades elevadas de ácido clorhídrico, que sitúan el pH gástrico en torno a 2. Sin embargo, en el lechón este pH es más elevado, alrededor de 3, lo cual parece ser que es debido a la producción de ácido láctico gástrico, lo cual otorga un segundo papel a los aportes en la alimentación de lechones (Ribot, 1995).

A partir de la 6ª u 8ª semana de vida, la actividad enzimática de la lactasa presenta una gran reducción, con lo cual parte de la lactosa queda indigesta, situación que puede originar trastornos digestivos en forma de diarrea (Ribot, 1995).

El destete

Cuando los lechones son destetados son sujetos a varios factores de estrés, incluida la separación de la hembra porcina, el cambio de lugar y de dieta líquida a dieta sólida (Van Beers *et al*, 1998). Al enfrentarse a una situación de estrés la respuesta se traduce en una activación hipotalámica y de las glándulas adrenales, con la siguiente liberación de ACTH (hormona adrenocorticotropa), cortisol, adrenalina, noradrenalina y dopamina (Ribot, 1995). Otra consecuencia para el lechón, es que el estrés propicia un bajo consumo voluntario de alimento y puede contribuir al deficiente índice de crecimiento, además de que frecuentemente se produce diarrea (Van Beers *et al*, 1998; Spreeuwenberg, 2001).

El estrés post-destete ya sea por una u otra causa directa, o por la inducción de la atrofia de las vellosidades, esto último se observa en el intestino delgado y conduce a una mala digestión y mala absorción post-destete (Van Beers *et al*, 1998). Para Spreeuwenberg, (2001), el destete de los lechones afecta a la integridad del intestino delgado mediante una disminución de la longitud de las vellosidades, un incremento de la permeabilidad paracelular y una disminución de la actividad enzimática de la superficie ciliada.

Estos mismos investigadores indican además que la composición del alimento contribuye a prevenir enfermedades y puede facilitar la recuperación de la integridad intestinal, concluyendo que una baja ingesta de alimento temporal, inmediatamente después del destete es la principal causa de disminución de la integridad del intestino delgado.

En destetes tempranos, la producción enzimática está casi siempre por debajo de lo requerido para digerir dietas basadas en hidratos de carbono y proteínas de origen animal (Ribot, 1995).

Fisiología digestiva

El intestino delgado tiene dos funciones principales: En primer lugar digiere y absorbe nutrientes, en segundo lugar elimina patógenos, toxinas y compuestos alergénicos. La función del intestino delgado depende de su integridad, que puede ser evaluada en base a indicadores como son la longitud de las vellosidades, profundidad de las criptas, la cantidad del mucus segregado por las células caliciformes, permeabilidad a través de la pared intestinal, actividad enzimática de la superficie ciliada y crecimiento de los lechones (Van Beers *et al*, 1998).

Probablemente la función más importante del tracto gastrointestinal es transformar la energía del alimento suministrado por vía oral de forma que los nutrientes absorbidos sean utilizables por el organismo. Morfológicamente, el intestino delgado tiene una extensa superficie de absorción (Spreeuwenberg, 2001).

Los pliegues de Kerckring, vellosidades y microvellosidades aumentan sustancialmente la superficie del intestino delgado. Como consecuencia, la superficie de contacto entre la ingesta de alimento y los elementos funcionales (enzimas, transportadores) de la superficie de las vellosidades se maximiza. Con 10 días de edad un lechón de tres kilos de peso tiene un intestino relativamente pequeño con una superficie de absorción de 1.14 m^2 . La actividad enzimática de la superficie ciliada y el páncreas pueden servir como indicadores de la funcionalidad del intestino delgado. Los enterocitos maduros incrustados en la membrana del intestino delgado sintetizan enzimas para hidrolizar disacáridos y pequeños péptidos. La producción enzimática de los enterocitos durante el destete es determinada por la altura de las vellosidades y su maduración. En general la actividad enzimática de la superficie ciliada aumenta marcadamente al pasar del fondo de las criptas a la punta de las vellosidades. El incremento de la actividad en la punta de las vellosidades está relacionado con la diferenciación de los enterocitos. En general, amilasas, lipasas, maltasa y

proteasas aumentan y la lactasa disminuye a medida que el lechón crece (Spreeuwenberg, 2001).

El destete por si mismo da lugar a una disminución de la actividad de sucrasa, lactasa, isomaltasa y aminopeptidasa si se compara con un lechón sin destetar de la misma edad. El efecto del destete en la actividad de disacaridasas es menos pronunciado cuando los lechones son destetados con más edad. Por lo tanto, la formulación de dietas para lechones destetados debe procurar estimular la producción de disacaridasas y enzimas pancreáticas específicas, con el objeto de incrementar su capacidad digestiva (Spreeuwenberg, 2001).

Integridad del intestino

El tracto gastrointestinal constituye una extensa superficie en la que se produce un contacto íntimo entre el organismo, las sustancias de la dieta, microorganismos, parásitos y toxinas exógenas. El intestino permite el paso de sustancias a la circulación sistémica, pero al mismo tiempo excluye cor.:puestos patógenos. El tracto gastrointestinal tiene múltiples mecanismos de defensa inespecíficos e inmunológicos. Los mecanismos no específicos incluyen producción de ácidos gástricos, peristaltismo, capa mucosa, estrecha unión entre las células epiteliales, proteo lisis, resistencia contra la colonización por bacterias patógenas y el eje hepático intestinal. La defensa inmunológica del intestino delgado incluye la producción de inmunoglobulinas A secretoras, células M y linfocitos (Spreeuwenberg, 2001).

Adaptación al alimento sólido

Pese a que la producción láctea de la hembra porcina alcanza su máximo a las 3 semanas post-parto, el aporte energético de la leche es insuficiente para mantener el ritmo de crecimiento de una camada de 8 a 10 lechones desde la 2ª semana de vida. El lechón comienza a aumentar la ingestión de alimentos a partir de los 15 días de vida (Ribot, 1995).

La composición de la dieta de los lechones cambia drásticamente al destete, la leche de la madre es reemplazada por alimento granulado seco con almidón en lugar de grasa como principal fuente de energía. La transición de mamar a comer alimento sólido se asocia a un periodo crítico de baja ingesta durante el cual el lechón se debe de acostumbrar al alimento seco (Spreeuwenberg, 2001).

Los requerimientos energéticos para mantenimiento se satisfacen hasta los 3 primeros días después del destete. Para alcanzar los crecimientos pre-destete entre 200 y 280 g/d a las 3 semanas de edad, los lechones necesitarían consumir entre 320 y 475 g/d estos consumos de alimento no son alcanzados generalmente hasta el final de la segunda semana post-destete. Adicionalmente hay una variación en el comportamiento alimenticio de los lechones (Spreeuwenberg, 2001).

Suministrar alimento líquido en lugar de seco después del destete puede mejorar el crecimiento y la ingesta de alimento, pero perjudica el índice de conversión. Esto refuerza la importancia de la ingesta de agua con relación a la ingesta de alimento (Spreeuwenberg, 2001).

La calidad del gránulo es también importante en el consumo post-destete, los gránulos de menor diámetro son normalmente mejor aceptados que los más grandes (Spreeuwenberg, 2001).

Edad al destete

La edad al destete es uno de los factores más controversiales, situación determinada por la genética, alimentación, y principalmente por las condiciones de la explotación porcina, así como el peso del lechón.

Otro factor a considerar en el destete es conseguir liberar al lechón del contacto con los agentes causales de las enfermedades, antes de que desaparezcan de su torrente sanguíneo los anticuerpos de origen materno. La desaparición de estos anticuerpos se produce a distintas edades (Ribot, 1995).

Para maximizar la productividad en general de las hembras genéticamente magras, una edad al destete de 16 días (14 a 18 días) puede ser óptima (Newton, 1999).

Tamaño de la camada al destete

El tamaño de la camada al destete esta influenciado por el número de parto, las hembras porcinas de primer y segundo parto tuvieron camadas con pesos menores que las de tercero o más partos, sin embargo al destete no se encontró diferencias en las medias del tamaño de la camada. Con respecto al peso de los lechones al destete, las hembras de primer y cuarto parto tuvieron los promedios más bajos (Gómez *et al*, 1999). Para Chen *et al*, (2003b), la raza es otro factor importante, las hembras Landrace obtienen el mayor número de destetados, seguidas por la raza Yorkshire, Duroc, y Hampshire.

También se ha observado que la sobrevivencia de los lechones hasta el destete esta influenciada por la época del año, siendo la época seca en la que se obtienen mayores beneficios del tamaño de la camada (Leidenz *et al*, 1999).

Peso de la camada al destete

El peso de la camada al destete esta directamente relacionado con: La producción de leche de la hembra porcina, capacidad genética de lechón, medio ambiente y tamaño de la camada, entre otros.

Los mayores pesos de camada a los 21 días, Chen *et al*, (2003b) los encontró en orden decreciente en las razas Yorkshire, Landrace, Hampshire y Duroc, en tanto que el número de destetados por camada en orden decreciente fueron en las razas Yorkshire, Duroc, Landrace y Hampshire. Leidenz *et al*, (1999), menciona que la época seca favoreció significativamente a esta característica, lo mismo ocurrió con el número de parto, encontrando los menores pesos en el décimo parto.

Los sistemas de cruzamiento rota terminales que involucran a dos, tres o cuatro razas tienen relación con el peso de los lechones, se ha encontrado que los porcentajes mayores de heterosis con cuatro razas con un 97% tienen mayores pesos de la camada a los 21 días, seguida con tres razas 93 %, y finalmente con dos razas el 80 % (Buchanan *et al*, 1998).

La utilización de madres cruzadas no supone ninguna mejora adicional del crecimiento individual del lechón, aunque si supone un incremento del peso de la camada al destete debido al aumento del tamaño de la misma (Daza, 1995).

Crecimiento

Durante el periodo prenatal, el crecimiento está determinado por el genotipo de los porcinos y su disponibilidad de nutrientes, además, esta fase de crecimiento está significativamente correlacionada con el número de fibras musculares desarrolladas, a diferencia del crecimiento temprano que está correlacionado con el peso al nacimiento. Los porcinos pequeños crecen más lentamente y de manera menos eficiente, permaneciendo de menor tamaño hasta la madurez, esto es debido a una desnutrición en el útero o por restricciones maternas de alimento (Dwyer *et al*, 1994). Las hembras tienen dos puntos más de crecimiento diario y de ingestión de alimento, que los machos (Schinckel y Einstein, 1995).

La magrura está correlacionada con el índice de crecimiento provocando incrementos en el consumo materno, dado que el crecimiento rápido de las razas modernas de porcinos está asociado al desarrollo de un alto número de miofibras (Dwyer *et al*, 1994). El crecimiento las raza Yorkshire, Hampshire y Landrace se da linealmente desde el nacimiento hasta los 30 días de vida, en tanto que en la raza Duroc el crecimiento es curvo lineal (Mckay, 1994). Los porcinos en crecimiento son mucho más eficientes del nacimiento a los 60 kg, que de este peso en adelante, además, el crecimiento rápido del nacimiento a

los 30 kg, tiene un efecto máximo en la reducción de los días de alimentación con mayor consumo de alimento pre-sacrificio (McClure, 1999).

El ritmo de crecimiento puede ser afectado por el suministro de alimento, principalmente de energía y proteína (Noblet, 1997). Existen parámetros de requerimientos para crecimiento y características de genotipos de porcinos los cuales son: Total de proteína diaria corporal, porción de energía para mantenimiento de las proteínas y lípidos, requerimiento energético para mantenimiento, y alimentación diaria (Schinckel y Large, 1996).

La energía de mantenimiento necesaria es en realidad una necesidad en ATP los nutrientes tales como proteína, lípidos y carbohidratos pueden ser utilizados para la síntesis de ATP la eficiencia con que esto ocurre varía mucho por consiguiente, los requerimientos de energía para mantenimiento dependen de la eficiencia de convertir un nutriente en ATP y la subsiguiente utilización del ATP, en ambos casos el resultado es la emisión de calor (Van Milgen, 2002).

Asumiendo que ningún otro nutriente (suplemento de lisina) limita el crecimiento, los resultados productivos de un animal están determinados esencialmente por la energía suministrada por encima del mantenimiento. Tanto la capacidad de ingestión de alimento como las necesidades de energía aumentan con el peso del animal (Van Milgen, 2002). El uso de criterios diferentes de selección en porcinos puede causar grandes diferencias genotípicas en la capacidad de ingestión de alimento (Schinckel y Large, 1996).

La restricción energética puede cambiar la distribución de la energía. Una reducción del ingreso de energía disminuye tanto el depósito de proteína como el de lípidos, aunque estos últimos resultan más afectados. El depósito total de proteína no necesariamente cambia mucho durante el periodo de crecimiento (Van Milgen, 2002). A pesar de esto, la sensibilidad a los cambios en el suministro de energía es mayor en los animales más pequeños respecto a los más pesados. Una reducción moderada en la ingesta de alimento, puede implicar una reducción tanto en proteína digestible PD como en lípidos

digestibles LD en los animales menos pesados, mientras que puede afectar sólo a LD en los animales más pesados (Van Milgen, 2002).

Los porcinos híbridos comerciales, han sido mejorados constantemente en los que se refiere a su potencial para el crecimiento, conversión alimenticia y ganancia de peso vivo, el objetivo de la hibridación consiste en maximizar el depósito de tejido magro desde el nacimiento hasta el peso de mercado (McClure, 1999). Los sistemas de cruzamiento permiten obtener en un individuo variables genotípicas, aumentando la capacidad de crecimiento y la carne magra (Schinckel y Large, 1996). Además, se obtiene mayor uniformidad en peso de los lechones y una disminución en la mortalidad pre-destete (Lay *et al*, 2002). El incremento de la supervivencia y la velocidad de crecimiento son los principales beneficios de un programa de cruzamiento (Clutter *et al*, 1998).

El potencial biológico de crecimiento además del, genotipo, sexo y peso corporal y la mayor restricción en la expresión potencial genético para velocidad de crecimiento, es la temperatura y la enfermedad (Pic *et al*, 2003).

Crecimiento magro

El término magro en porcicultura se define como bajos depósitos de grasa o como productos de ganado porcino con alta proteína, también como canales de baja grasa, de masa muscular elevada o con un alto porcentaje de músculo en la canal, además se asocia a una rápida capacidad de crecimiento muscular o a una eficiente conversión alimenticia en productos comerciales.

Aun cuando el término magro es comúnmente usado en referencia al músculo en realidad está asociado a todo el tejido, el cual está compuesto por tejido magro y depósitos de lípidos. La porción relativa de tejido magro y componentes grasos en el músculo depende de factores genéticos, sexo, y edad, así como del músculo específicamente evaluado. La composición puede variar desde el 75% o más de tejido magro, hasta más de un 25% de tejido

graso, basado en la composición genética del ganado porcino y de las condiciones medio ambientales en donde este fue criado (Pic *et al*, 2003). La ganancia magra diaria está altamente asociada con la proteína (Schinckel y Einstein, 1995).

La selección genética está relacionada con el crecimiento magro en los sistemas de cruzamiento (Schinckel y Einstein, 1995; Pic, 2003; Chen *et al*, 2003a). El crecimiento es una característica moderadamente heredable, especialmente sobre las ganancias en el promedio diario de peso y características de la canal (Clutter *et al*, 1998). La selección genética porcina permite mejorar y producir carne magra de buena calidad y aumentar la velocidad de crecimiento mostrando su potencial a menor tiempo (Schinckel y Large, 1996; Pic *et al*, 2003).

La relación corporal proteína: La grasa es mayor en los porcinos genéticamente mejorados, lo cual explica una mejora en su conversión alimenticia entendida como alimento necesario para producir tejido magro (Pic *et al*, 2003).

La raza Large White europea con selección de lechones por cruzamiento, muestra tejido magro con bajo depósito de grasa corporal y una reducida habilidad en el metabolismo de los triglicéridos (Lay *et al*, 2002; Chávez, 1999).

Impacto entre sexos

En producción porcina se utilizan hembras, machos y animales castrados, sin embargo es importante considerar las diferencias entre sexos, siendo las más importantes las siguientes; a los 60 kg, de peso vivo, los requerimientos de mantenimiento de los sementales es 10 % mayor que las hembras y 15 por ciento mayor que los animales castrados, la razón de esto es que los machos tienen mayor contenido magro además de que este tejido es metabolíticamente más activo que el graso, los animales castrados tienden a

consumir más alimento voluntario que los machos y hembras. Las hormonas sexuales en las hembras y en los machos son las responsables del bajo apetito con relación a los animales castrados con el mismo nivel de nutrientes ofrecidos, la ganancia de peso vivo tiende a ser mayor en los machos enteros que en los castrados y hembras.

Los machos enteros son superiores en ganancias diarias de peso y tasa de crecimiento magro que las hembras, debido a que tienen una mayor velocidad de depósito de tejido proteico con relación a las hembras, los animales castrados tienen una menor velocidad de deposición de proteínas y tejidos magros con relación a las hembras. Las hembras depositan tejido graso más rápidamente, y los animales castrados lo depositan a una mayor velocidad que las hembras. Los machos enteros tienen un menor rendimiento en canal que las hembras y castrados debido al peso de los testículos y tejidos asociados, asimismo tienen una proporción ligeramente superior de cabeza, patas y vísceras (Pic *et al*, 2003).

Efecto de la raza sobre el crecimiento magro

El crecimiento magro en kg/día es mayor en la raza Hampshire seguido por las razas Yorkshire, Landrace y Duroc, consecutivamente, la raza que tiene el mayor espesor de grasa dorsal en centímetros es la Landrace, seguido por la Yorkshire, Duroc y Hampshire, consecutivamente. En cuanto al área de músculo del ijar la raza que obtiene el primer lugar Yorkshire, Hampshire, Landrace y Duroc, respectivamente (Chen *et al*, 2003b). Los porcinos Hampshire son fundamentalmente superiores en desarrollo corporal. Los Duroc tienen la ventaja en índice de crecimiento (Clutter *et al*, 1998).

Efecto de la somatotropina en crecimiento

La somatotropina es una hormona homeotérmica que coordina la distribución de nutrientes (Dunshea *et al*, 1992), regula los depósitos de lípidos en el tejido adiposo para animales en crecimiento por una disminución de novo de la síntesis de ácidos grasos, además elimina la estimulación de la insulina,

también regular el depósito de lípidos por medio de la sensible salida de los lípidos exógenos por el tejido adiposo (Wang *et al*, 1998).

La lipoproteína lipasa (LPL) es la principal enzima responsable para la regulación de la salida de triglicéridos circulantes para el almacenamiento en el tejido adiposo (Wang *et al*, 1998).

En porcinos en crecimiento, la somatotropina disminuye la incorporación de glucosa dentro de los ácidos grasos en el tejido adiposo (Wang *et al*, 1998). Un tratamiento para porcinos en crecimiento con somatotropina porcina (PST) aumenta los índices de tejido magro y disminuye el depósito de grasa, la reducción de depósitos de grasa puede ser debido a una disminución de la síntesis de grasa y/o un aumento en la movilización (Dunshea *et al*, 1992).

Efecto del medio ambiente sobre el crecimiento

En general, se observa una influencia importante de las características ambientales (Leidenz *et al*, 1999). Las condiciones de estrés, manejo, estado de salud, comportamiento social, influyen en el crecimiento de tejido magro (Schinckel y Einstein, 1995). Por ende, un inadecuado manejo del ambiente (salud, temperatura) y nutrición disminuye la posibilidad de que el animal manifieste todo su potencial genético (Pic *et al*, 2003).

El ambiente de producción en el ganado porcino, es uno de los aspectos importante que debe ser tomado en cuenta en los modelos de crecimiento. Algunas variables de criterios ambientales pueden ser fácilmente cuantificados (temperatura, humedad, espacio por porcino), mientras que otros como el estrés y el estatus sanitario pueden ser difíciles de medir (van Milgen, 2002).

El ambiente de producción

El impacto del clima en las características de producción, se manifiesta de manera que cuando el ganado porcino se encuentra confortable en un ambiente térmico adecuado, la eficiencia en la velocidad en el crecimiento del músculo es optimizada (Pic *et al*, 2003).

En climas fríos, los porcinos incrementan su consumo de alimento con el propósito de proveer una energía adecuada para mantener su temperatura corporal, así como su desarrollo de tejido.

En ambientes calurosos, el ganado porcino reduce su consumo de alimento voluntario con el propósito de procurar minimizar la carga en la disipación de calor, esto resulta en una menor energía para la deposición de grasa y con ello menor grado de músculo, por tanto, se ve incrementado en proporción relativa al contenido de grasa dorsal (Pic *et al*, 2003).

Anteriormente se mencionó que los porcinos en crecimiento no necesitan energía como calor, en la mayor parte de los casos, el calor se desprende como resultado de la utilización de ATP (mantenimiento) o como ineficiencias de crecimiento, puede ser suficiente para mantener una temperatura constante en el cuerpo. Cuando la temperatura baja o cuando la pérdida de calor aumenta, el animal utilizara parte de la ingestión de energía para mantener la temperatura del cuerpo, si el uso de esta "pérdida de energía" es insuficiente para mantener la temperatura del cuerpo, la energía será desviada del crecimiento a generar calor (o los porcinos tendrán que comer más). Esto implica que la producción de calor es un proceso esencial para mantener la temperatura del cuerpo. El calor que es considerado una pérdida en condiciones termo neutrales entonces se transforma en un "producto" útil. Consecuentemente, los alimentos que producen un aumento alto de temperatura, tales como la proteína y la fibra, pueden ser usados con gran eficiencia (para la termogénesis) en condiciones de bajas temperaturas, contrariamente, estos alimentos pueden limitar el

potencial de crecimiento en una situación donde la pérdida de calor para el animal es perjudicial (bajo condiciones de estrés calórico) (Van Milgen, 2002).

Sin embargo, todavía nos falta por conocer y explotar algunas tecnologías hacia la producción del ganado porcino a futuro, tales como:

Intensificar el cruzamiento molecular, que nos permitirá tener acceso algunas características importantes de los porcinos como son: Prolificidad, habilidad materna, eficiencia alimenticia, velocidad de crecimiento, carne magra y heterosis (Chávez, 1999). Así, ofreciendo mejores resultados productivos a menores costos y en menor tiempo.

Materiales y métodos

Origen de los datos

El presente trabajo se realizó en la granja lechonera "La Victoria" localizada en el Ejido "La Torreña" Municipio de Gómez Palacio Durango, México. Geográficamente el municipio esta limitada por una latitud de 25° 33' 40'', y una longitud de 103° 29' 54'' con una altitud de 1,150 metros sobre el nivel del mar (INEGI, 2000). Esta explotación cuenta con 123 hembras reproductoras y 7 sementales, las hembras porcinas son híbridas F1 y F2 con dos y tres razas; los sementales son puros y F1 con dos razas, el sistema utilizado es de flujo continuo, con áreas definidas para sementales, hembras, maternidad, lactancia y destete. Los lechones son destetados aproximadamente a los 28 días de vida, continuando la crianza de los lechones que no son vendidos al destete hasta los 40 – 42 días de edad. El programa reproductivo es un sistema de cruzamiento rotacional que generalmente utiliza uno o dos sementales puros con hembras puras o híbridas, con el fin de mantener porcentajes de hibridación de cada raza o mantener alguna de ellas. También se utiliza el sistema de cruzamiento terminal, este sistema puede involucrar a dos, tres a cuatro razas, el verraco puede ser puro o F1 y de igual forma las hembras, el resultado de alguna de estas cruzas generalmente es destinado a la producción y no a la reproducción como la rotacional. Las razas involucradas son: Landrace, Yorkshire, Hampshire, Large White, Pietrain y Duroc Jersey, con porcentajes de hibridación variados.

Se utilizaron 96 lechones (48 hembras y 48 machos) de ocho hembras híbridas, una de primer parto, cinco de tercer parto, y dos de sexto parto. El verraco utilizado en seis de las hembras porcinas fue un Duroc Jersey puro, y en las otras dos un F1 Pietrain x Yorkshire, en todos los casos se utilizó monta natural. Las camadas se fueron incorporando conforme aparecían los partos en la granja, iniciando el 26 de octubre y finalizando el 12 de diciembre del 2003.

Alojamiento de los animales

El área de maternidad tiene 20 corrales, las instalaciones para el alojamiento de las hembras y los neonatos son de concreto en muros y pisos, a un lado de los muros cuenta con una barra horizontal conectada con la lechonera, esta barra tiene una altura aproximada de 30 cm del piso a la barra, para prevenir que los lechones sean aplastados por la hembra. Además los lechones cuentan con una lechonera de aproximadamente 1 m² dentro de cada corral, en estas lechoneras cuentan con luz artificial con focos de 100 watts a una altura del piso al foco de aproximadamente 60 cm, con el fin de proporcionar calor al recién nacido y minimizar muertes por hipotermia. También en los corrales y lechoneras se les proporciona aserrín días antes del parto para un mejor confort de los animales. Toda la sala de maternidad cuenta con buena ventilación y e iluminación suficiente, así como sus respectivos comederos y bebederos en cada corral.

El clima del municipio de Gómez palacio, es clasificado como muy seco semicálido, con temperaturas anuales de 18 ° a 24° C, y una precipitación pluvial anual entre 100 y 300 mm. Las temperaturas mínimas durante los partos incluidos en el estudio fueron de 10°C a 14°C y las máximas de 26°C a 33°C.

Alimentación

El programa de alimentación de la granja está dividido en: gestación, lactación y preiniciador para los lechones, el alimento es producido en la propia granja, las mezclas empleadas fueron las siguientes:

Dieta para hembras gestantes:

320 Kg de sorgo
80 Kg de concentrado al 36 % de proteína
2 kg de secuestrante de micotoxinas
250 g de oxitetraciclina ácida.
Energía no cuantificada

Ración: 2.5 kg/día/ hembra

Dieta para hembras lactantes:

80 kg de sorgo

20 kg de concentrado al 36 % P.C

7.5 kg de pasta de soya

3 Kg Ener Plus:

Maíz

Soya

Grasa vegetal

50 g de oxitetraciclina ácida

300 g de secuestrante de micotoxinas

Ración: 2 kg base, más 250 g, por lechón/día/hembra.

Pre-iniciador para lechones:

Pre-iniciador al 18 % de proteína.

Dieta: desde cinco a tres días antes del destete *ad libitum* (excepto a la camada 3)

Manejo de lechones

Todos los lechones fueron pesados utilizando una báscula tipo reloj con capacidad de 10 kg. El primer pesaje se llevó a cabo al nacimiento en tres camadas observadas desde el momento del parto, lo que permitió registrar el orden de nacimiento; en otras tres camadas el pesaje se hizo al día del parto, pero éste ya había concluido al iniciar las observaciones y en las dos últimas camadas se inició al segundo y tercer días post-parto. Todos los pesajes se realizaron entre las 9:00 a.m. y las 13:00 p.m. Posteriormente se realizó un pesaje cada semana hasta el destete.

Al iniciar las observaciones, cada lechón fue identificado mediante muescas en la oreja izquierda. En cada sesión los lechones fueron marcados en el lomo con un crayón para facilitar la observación y anotar en qué mamas se alimentaban.

Tras el pesaje de la camada se observó la primera sesión de amamantamiento para registrar la teta elegida por cada lechón.

Todos los lechones fueron desclmillados al nacimiento y recibieron una dosis de 200 Mg. de hierro dextrán al tercer día de edad.

Procesamiento de los datos

Para determinar el efecto del tamaño de la camada sobre la ganancia diaria de peso de los lechones, se obtuvieron medidas de tendencia central y medidas de dispersión del peso de los lechones.

El peso medio por camada se obtuvo sumando los pesos de los lechones de la camada y dividiendo el valor obtenido entre el número de lechones de la camada (Fórmula 1).

$$M = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N}$$

Fórmula 1. M = Peso medio de la camada; X_j = Peso del lechón j ; N = Número de lechones de la camada.

La variancia (S^2) del peso de los lechones en una misma camada fue obtenido mediante la suma de las diferencias del peso de cada lechón menos el peso medio de la camada elevadas al cuadrado y dividida entre N - 1. La razón de dividir entre N - 1, en lugar de N, como podría haberse esperado, es por la consideración teórica conocida como *grados de libertad* (Fórmula 2).

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - M)^2}{N - 1}$$

**Fórmula 2. S^2 = Variancia del peso de los lechones en una misma camada;
 X_i = Peso del lechón**

Una vez calculada la variancia, se obtuvo la *desviación estándar* del peso de los lechones por camada, simplemente se sacó la raíz cuadrada de la variancia (Fórmula 3).

$$S = \sqrt{S^2}$$

Fórmula 3. S = Desviación estándar del peso de los lechones de la camada.

La desviación estándar es útil como una medida de variación dentro de un conjunto de datos, el comparar dos desviaciones estándar puede conducir a resultados ilógicos. Lo que se necesita en situaciones como ésta es una medida de variación relativa, más que una variación absoluta. Dicha medida se encuentra con en el *coeficiente de variación*, que expresa la desviación estándar como un porcentaje de medida. Para calcularla se divide el valor de la desviación estándar entre la media y se multiplica por cien (Fórmula 4).

$$C.V. = \frac{S}{M} (100)$$

Fórmula 4. C.V. = Coeficiente de variación del peso de los lechones por camada.

Puede apreciarse que, como la media y la desviación estándar se expresan en la misma unidad de medición esta unidad se anula al calcular el coeficiente de variación. Lo que se tiene entonces es una medida que es independiente de la unidad de medición (Wayne, 1992).

La ganancia diaria de peso de los lechones en toda la lactancia, se determino con la regresión lineal con la ecuación de mínimos cuadrados $y = a + bx$, donde a = peso del lechón y b = edad de los lechones, utilizando el programa Statistica. Con el fin de determinar la ganancia diaria de peso de los lechones y por sexo.

De igual forma se determino por camada y por sexo la ganancia diaria de peso de los lechones con la regresión lineal. Sin embargo, para determinar la diferencia entre sexos por camada, se determino con la regresión múltiple, en donde la variable independiente fue el sexo y edad de los lechones, mientras que en la variable dependiente fue el peso, esto con el fin de determinar la probabilidad entre sexos.

El peso de la camada al nacimiento es una medida de crecimiento para los lechones, para determinar la ganancia diaria por camada se determino con la regresión lineal, en donde la variable dependiente fue el peso de la camada, y la variable independiente la edad de los lechones. Esto se determino por camada hasta el destete. Finalmente a la gráfica se le dio la forma exponencial.

Se registró la mortalidad de los lechones durante la lactancia en tres periodos: primera y segunda semanas y de la tercera semana al destete. Para evaluar la posible influencia del peso al nacer sobre la mortalidad, se hizo la comparación de medias del peso al nacer de los lechones que sobrevivieron a la primera semana y los que murieron en ese periodo, mediante la prueba de "t" para muestras independientes, la cual se usó también para evaluar la relación entre sexo y mortalidad. Para evaluar la relación entre el tamaño de la camada y la mortalidad se practicó el análisis de correlación.

En este trabajo se utilizaron hembras porcinas con diferente número de parto, teniendo una hembra de primer parto, cinco de tercer parto y dos de sexto parto, para determinar el efecto del número de parto de la hembra porcina sobre la ganancia diaria de peso de los lechones desde el nacimiento hasta el destete, se analizó con la regresión lineal por camada, así como por sexo de

cada camada. Para determinar la probabilidad entre sexos, se practicó la regresión múltiple, en donde la variable independiente fue sexo y edad, y como variable dependiente el peso. Posteriormente se ordenaron las camadas por edad y peso con respecto al número de parto, se realizó la gráfica por número de parto de la hembra porcina, y finalmente se le dio a la línea de tendencia la forma exponencial.

Para determinar la ganancia diaria de los lechones por la selección de teta que persistió más frecuentemente en lactancia. Se ordenaron los datos basándose en la selección de teta que eligió el lechón durante toda la lactancia entre el número de observaciones realizadas. Las tetas de las hembras porcinas fueron clasificadas por: Pectoral, Abdominal, e inguinal, para las tetas pectorales se tomaron los dos primeras pares de tetas de la hembra porcina, para las abdominales se tomaron las siguientes cuatro pares de tetas y para la clasificación inguinal las últimas tetas. Para determinar la ganancia diaria de peso de los lechones por la variable de selección de teta, se determino con la regresión lineal con la ecuación de mínimos cuadrados de cada selección de teta de todas las camadas. Para determinar la deferencia entre sexos, se practicó la regresión múltiple para obtener la probabilidad.

Análisis estadístico

Los modelos habituales para ajustar curvas de crecimiento, son los siguientes; 1. Modelo exponencial, 2. Modelo monomolecular, 3. Modelo logístico, 4. Modelo de Gompertz, 5. Modelo Von Bertalanffy, 6. Modelo logístico con término constante, 7. Modelo Gompertz con término constante. 8. Modelo Von Bertalanffy 2/3 con término constante, 9. Modelo de la variable "m" Von Bertalanffy (Richards), 10. Primer modelo de Preece y Baines.

El modelo más común recomendable para la curva de crecimiento y por tanto el que más se ajusta a los datos para realizar este trabajo es la del modelo de Gompertz. Sin embargo, dado que el crecimiento de los lechones en la fase de lactación es lineal, no se pudo aplicar este modelo. Por ende, se

utilizó el programa Statistica (StatSoft, Inc., versión 5.1, 1984-1997). Para determinar la regresión lineal con la ecuación de mínimos cuadrados $y = a + bx$. Además se utilizaron medidas de tendencia central y de dispersión, así como el modelo exponencial para las gráficas.

Todos los datos recolectados fueron capturados en el programa Microsoft Excel 2002 (10. 2614. 2625), ordenados por camadas y por todas las variables incluidas en este trabajo que afectan la ganancia diaria de peso de los lechones, para una mejor manipulación de los datos y para posteriormente pasarlos a procesar al programa Statistica para determinar la regresión lineal o regresión múltiple de la variable a determinar.

Efecto del tamaño de la camada sobre la ganancia diaria de peso de los lechones

Cuadro 1. Resultados obtenidos por las medidas de tendencia central y dispersión para determinar el efecto del tamaño de la camada.

Camada	Edad	No. Lechones	Media	Media Desviación estándar	+ Media Desviación estándar	-
1	0	15	1.161	1.415	0.907	
1	12	11	1.675	2.431	0.919	
1	33	10	4.902	6.800	3.004	
2	0	12	1.042	1.356	0.728	
2	12	9	2.800	3.635	1.965	
2	33	9	6.302	8.132	4.472	
3	0	14	1.482	1.720	1.244	
3	10	11	2.706	3.329	2.083	
3	31	10	4.437	5.813	3.061	
4	1	10	1.427	1.751	1.103	
4	8	8	2.390	3.209	1.571	
4	29	8	5.809	7.735	3.883	
5	0	12	1.547	1.726	1.368	
5	7	11	2.522	2.925	2.119	
5	28	11	5.822	6.944	4.700	
6	3	11	1.284	1.452	1.116	
6	10	9	2.188	2.572	1.804	
6	31	9	4.422	5.933	2.911	
7	1	10	1.157	1.416	0.898	
7	8	10	1.887	2.406	1.368	
7	29	4	4.687	6.239	3.135	
8	1	12	1.518	1.752	1.284	
8	8	12	2.472	2.966	1.978	
8	29	12	5.639	7.228	4.050	

El tamaño de la camada analizado con medidas de tendencia central y de dispersión, nos muestran que, camadas numerosas al inicio de la lactancia fueron las más pesadas, sin embargo, al destete estos pesos de la camada y del lechón disminuye. Esto debido a la numerosa competencia que realizan los lechones por conseguir una teta al momento de cada amamantamiento, afectando principalmente a lechones de menor peso (Cuadro 1).

Por ende, en camadas homogéneas existe mayor reparto de pesos de los lechones al nacimiento, teniendo una tendencia de ganancia de peso más linealmente que camadas numerosas, resultando mayor peso individual y de la camada hacia el destete (Cuadro 1).

Ganancia diaria de peso de los lechones desde el nacimiento hasta el destete, determinado por la regresión lineal de la ecuación $y = a + bx$, donde a = peso del lechón y b = edad de los lechones, analizado con el programa Statistica. Se obtiene una ganancia diaria de peso de 131.5 ± 4.29 g/día por lechón en toda la lactancia (Cuadro 2).

El análisis de regresión múltiple considerando como variables independientes a la edad y el sexo de los lechones, y al peso como variable dependiente, arrojó un nivel de significancia para sexo de 0.047 ($r^2 = 0.67$), lo que indica la tendencia de las hembras a tener mayor incremento de peso durante la lactancia. Al hacer el análisis por camada se aprecia que en la mitad de ellas (camadas 2, 4, 5 y 7) los machos tuvieron mayor ganancia de peso que las hembras (Cuadro 3).

Cuadro 2. Parámetros de regresión lineal del crecimiento de lechones por sexo y ambos.

Sexo	n*	Datos	r ²	Peso inicial (g)	Ganancia de peso (g/día)
Ambos	96	459	0.6723	1,209 ± 74.6	131.5 ± 4.29
Hembras	48	235	0.7019	1,220 ± 102.7	137.1 ± 5.83
Machos	48	224	0.6438	1,198 ± 107.5	125.3 ± 6.25

Nota: Todas las regresiones fueron altamente significativas, n* = Número de lechones al inicio de la lactancia.

Cuadro 3. Parámetros de regresión lineal del crecimiento de lechones por camada y sexo

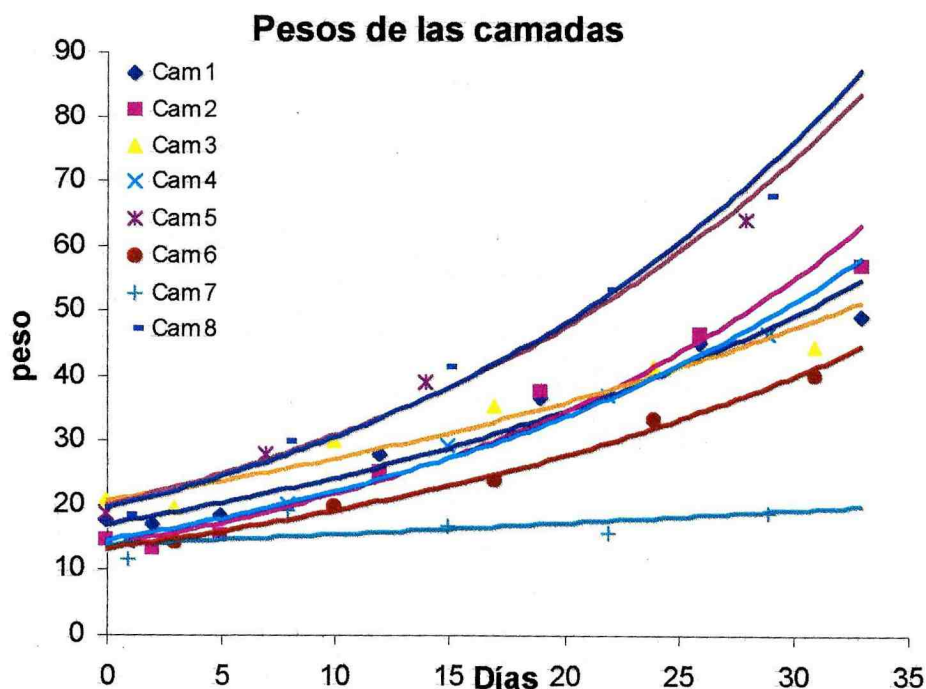
Camada	Sexo	n*	datos	r ²	Peso inicial g	Ganancia diaria de peso g/día	P de diferencia entre sexos
1	Ambos	15	81	0.642	1,148 ± 164.4	113.4 ± 009.5	0.001
	Hembras	10	52	0.669	1,183 ± 222.0	131.7 ± 013.0	
	Machos	5	29	0.898	1,060 ± 097.7	084.8 ± 005.4	
2	Ambos	12	70	0.826	.928 ± 155.8	162.9 ± 009.0	0.003
	Hembras	4	24	0.953	.792 ± 111.5	140.2 ± 006.5	
	Machos	8	46	0.822	1,005 ± 211.2	173.9 ± 012.1	
3	Ambos	14	68	0.626	1,545 ± 155.4	094.7 ± 008.9	0.594
	Hembras	5	25	0.756	1,608 ± 235.8	113.1 ± 013.4	
	Machos	9	43	0.580	1,517 ± 188.1	082.8 ± 011.0	
4	Ambos	10	42	0.688	1,226 ± 292.5	157.7 ± 016.6	0.054
	Hembras	7	35	0.655	1,266 ± 327.8	144.5 ± 018.2	
	Machos	3	7	0.991	1,059 ± 152.9	236. ± 010.08	
5	Ambos	12	56	0.840	1,484 ± 154.0	152.9 ± 009.0	0.137
	Hembras	7	31	0.822	1,443 ± 214.1	147.0 ± 012.6	
	Machos	5	25	0.875	1,539 ± 215.4	159.8 ± 012.5	
6	Ambos	11	47	0.656	.953 ± 230.9	111.2 ± 011.9	0.051
	Hembras	6	26	0.649	.989 ± 352.8	121.8 ± 018.2	
	Machos	5	21	0.758	.910 ± 243.1	097.8 ± 012.6	
7	Ambos	10	35	0.780	.905 ± 168.9	124.7 ± 011.5	0.132
	Hembras	2	7	0.948	.838 ± 167.0	103.6 ± 010.7	
	Machos	8	28	0.778	.908 ± 198.8	131.7 ± 013.7	
8	Ambos	12	60	0.669	1,313 ± 241.5	145.7 ± 013.4	0.080
	Hembras	7	35	0.726	1,245 ± 314.0	163.4 ± 017.4	
	Machos	5	25	0.628	1,410 ± 348.8	121.0 ± 019.4	

*n = número de lechones al inicio de la lactancia. P = probabilidad.

El factor sexo no es un determinante para la ganancia diaria de peso, sin embargo, como ya se menciono anteriormente, las hembras tuvieron la mayor ganancia de peso 137.1 ± 5.83 g/día. En el caso de la camada cuatro, se observa mayor ganancia de peso en los machos, esto pudiera verse afectado debido que sólo se destetaron ocho lechones, siete hembras y un macho, este resultado en el macho, tubo nula competencia entre lechones de su mismo sexo, debido ha esto, el resultado es mayor en ganancia diaria de $236. \pm 010.08$ g/día de peso del único macho, este resultados nos da a entender que los lechones machos son más agresivos entre su mismo sexo que las hembras, dedicando mayor tiempo en disputar la teta que en establecerse en ella (Cuadro 3).

Efecto del peso de la camada al nacimiento y en lactancia, sobre la ganancia diaria de peso de los lechones, determinado con la regresión lineal.

Figura 1. Ganancia de peso de los lechones por camada



En el resultado obtenido de la regresión lineal por la variable peso de la camada, se observa gran diferencia entre los pesos de la camada al nacimiento y durante toda la lactancia hasta el destete, dándonos una gran dispersión en la misma. Esto pudo verse afectado por el tamaño de la muestra, ya que a mayor número de muestra, menor será la dispersión en la misma, ocurriendo lo contrario con las muestras pequeñas, que a menor número de muestra, mayor será la dispersión de la misma.

El peso de la camada esta dado por la relación que existe entre el tamaño de la camada al nacimiento, esto nos da como resultado, una gran diferencia de pesos de los lechones en lactancia, como al destete (Figura 1).

En la camada cinco y ocho se observan las mejores ganancias de pesos de la camada, seguida de la camada dos y cuatro desde el nacimiento hasta el destete; además, el número de lechones al inicio fue de 12 lechones, observando camadas más homogéneas en toda la lactancia ganando mayores pesos de la camada al destete, así como un mayor número de lechones destetados.

El peso de la camada al nacimiento, es un factor determinante para las futuras ganancia diaria de peso de la camada, observando que las camadas tres, cinco y ocho, iniciaron con los pesos más altos que las otras camadas, además, fueron las camadas más pesadas al destete, excepto la camada tres, que inicio con el peso más alto que las demás camadas, pero al destete fue de las menos pesadas, este resultado se ve afectado por el tamaño de la camada, ya que a mayor tamaño de la camada, mayor la competencia entre lechones por las tetas. Por otro lado, las camadas más livianas al nacimiento, se mantuvieron con bajos pesos en toda la lactancia hasta el destete (Figura 1), confirmando que pesos altos de la camada y tamaño de la camada homogéneos de lechones, es un factor favorable hacia el peso y tamaño de la camada al destete. Sin embargo, en las camadas cuatro, seis y siete, el tamaño de la camada fueron homogéneos entre 10 y 11 lechones, pudiéndose esperar

que la ganancia diaria de peso fuera mucho mejor al destete, esta pobre ganancia de peso, se debe al bajo peso de la camada al nacimiento, que en estas camadas permanecieron con una tendencia similar en toda la lactancia (Cuadro 1 y Figura 1).

Porcentaje de mortalidad en lactación sobre el tamaño de la camada.

Para determinar si hay relación entre el tamaño de la camada inicial y la mortalidad de los lechones, se practicó un análisis de correlación entre el tamaño de la camada y número de lechones muertos durante la lactancia, que indica que no hay correlación significativa. La mortalidad en la primera semana de vida, tampoco tuvo correlación significativa con respecto a esta variable. De igual forma no existe significancia entre sexos de los lechones en este estudio.

El peso del lechón al nacimiento sobre la variable mortalidad, analizado con la prueba de "t" (Muestras independientes), nos dio un valor de T - 2.26 correspondiente a una diferencia entre medias significativas con una $P < .0267$. Con un promedio 1.147 ± 275.3 kg, en muertos y promedio de 1.361 ± 292.8 kg, en vivos.

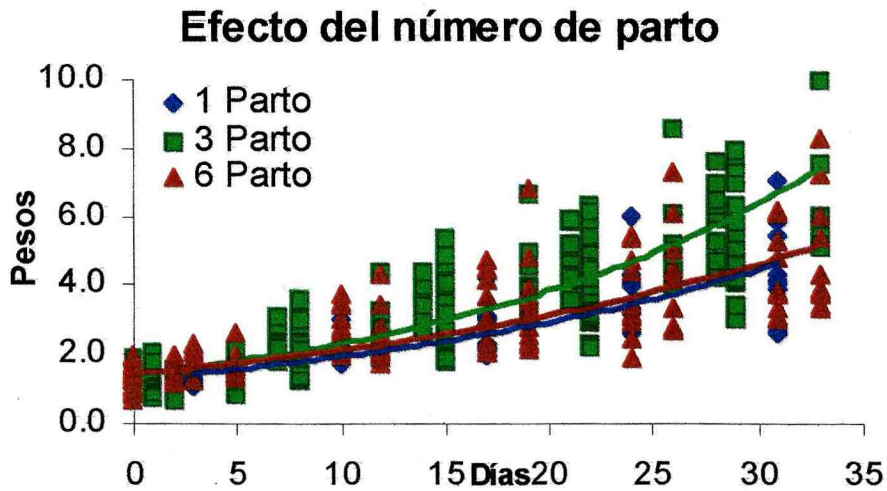
Efecto del número de parto de la hembra porcina, sobre la ganancia diaria de peso de los lechones determinada por la regresión lineal.

Cuadro 4. Ganancia de peso de los lechones por el número de parto.

Número de parto	Sexo	Datos	r ²	n*	Peso inicial (g)	Ganancia de peso (g/día)	P entre sexos
1	Ambos	47	0.656	26	953.5 ± 231	111 ± 11.9	0.2582
	Hembras	26	0.649	16	989.9 ± 353	121 ± 18.2	
	Machos	21	0.758	10	910.6 ± 243	97.8 ± 12.6	
3	Ambos	263	0.754	56	1,132 ± 93	155 ± 5.46	0.333
	Hembras	132	0.743	27	1,171 ± 134	150 ± 7.73	
	Machos	131	0.766	29	1,097 ± 130	160 ± 7.77	
6	Ambos	149	0.631	56	1,310 ± 115	105 ± 6.64	0.9985
	Hembras	77	0.685	5	1,309 ± 170	126 ± 9.87	
	Machos	72	0.665	9	1,335 ± 123	83.5 ± 7.00	

n* = Número de lechones al inicio de la lactancia. P = Probabilidad

Figura 2. Ganancia diaria de peso por el número de parto de la hembra porcina.



En la ganancia diaria de peso de los lechones, el número de parto parece tener efecto significativo. Lechones de hembras de tercer parto, obtuvieron mayores ganancias diarias de 155 ± 5.46 g/día de pesos con un promedio de 5.765 Kg, que lechones de madres de primero parto con una ganancia diaria de 111 ± 11.9 g/día de peso y un promedio de 4.422 kg, y hembras de sexto parto con una ganancia diaria de 105 ± 6.64 g/día de peso con un promedio de 4.670 kg, de peso al destete (Cuadro 4). Notándose en la figura 2, un comportamiento similar en los lechones nacidos de primer y sexto parto. También se puede apreciar que la dispersión de los datos en la figura es muy variada, dando a entender que existen otros factores que se involucran en la ganancia diaria de peso de los lechones.

Ganancia diaria de peso de los lechones por el efecto del número de parto entre sexos.

Los lechones machos de hembras porcinas de tercer parto, obtuvieron mejores ganancias diarias de peso que los lechones de hembras de primer y sexto parto, observando además que las ultimas su comportamiento fue muy similar (Cuadro 4).

En las hembras, se observa las mejores ganancia de peso de hembras porcinas de tercer parto similares a los machos, seguida de las de sexto y primer parto, pero aquí se puede observar que el comportamiento de los lechones hembras nacidos de madres de primer y sexto parto fue de manera diferente, siendo en segundo lugar los lechones de hembras de madres de sexto parto, seguida de las de primer parto, aunque esta diferencia es poco significativa (Cuadro 4).

Efecto de la selección de teta sobre la ganancia diaria de peso de los lechones.

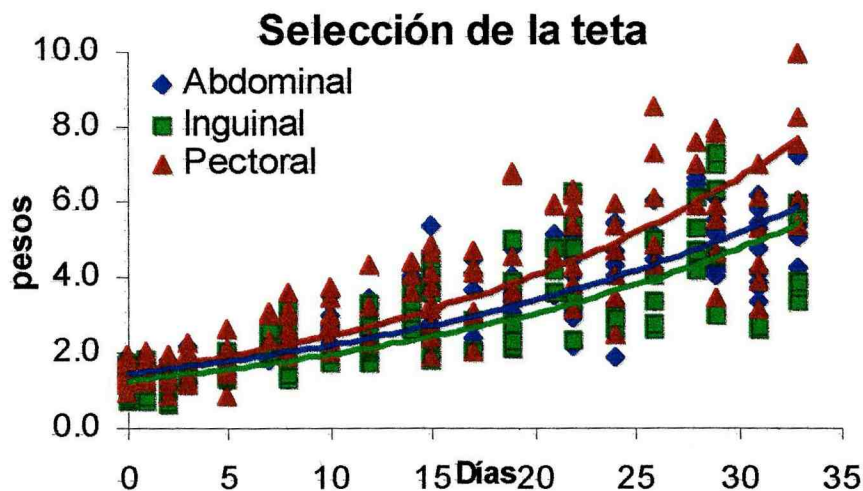
Cuadro 5. Ganancia de peso sobre la selección de teta, analizada con la regresión lineal.

Selección de teta	Sexo	n*	Datos	r ²	Peso al inicio (g)	Ganancia de peso (g/día)	P de diferencia entre sexos
Pectoral	Ambos	28	134	0.7332	1,256 ± 147	163 ± 8.5	0.123
	Hembras	16	72	0.8118	1,343 ± 161	166 ± 5.5	
	Machos	12	62	0.6632	1,143 ± 258	160 ± 14.7	
Abdominal	Ambos	40	207	0.7191	1,216 ± 96	123 ± 5.3	0.006
	Hembras	19	103	0.7725	1,140 ± 136	137 ± 7.4	
	Machos	21	104	0.6755	1,299 ± 128	107 ± 7.3	
Inguinal	Ambos	27	117	0.6454	1,138 ± 129	111 ± 7.6	0.003
	Hembras	12	59	0.5805	1,173 ± 203	105 ± 11.8	
	Machos	15	58	0.7095	1,111 ± 164	117 ± 10.0	

n* = Número de lechones.

P = Probabilidad.

Figura 3. Ganancia diaria de peso de los lechones por la selección de teta.



Los resultados obtenidos de la selección de teta sobre la ganancia diaria de peso de los lechones al destete, determinado con la regresión lineal, se encontró que lechones que se posesionaron de las tetas pectorales obtuvieron las mejores ganancias diarias de pesos de 163 ± 8.53 g/día durante toda la lactancia con un promedio de 6.44 Kg, al destete, seguidos por los lechones que se amamantaron de las tetas abdominales, y ocupando los últimos pesos los lechones que se amamantaron de las tetas inguinales al destete (Cuadro 5). Este comportamiento de pesos, se ve afectado por el peso del lechón al nacimiento, ya que lechones pesados al nacimiento, son los que normalmente eligen las tetas más productoras (pectorales), desplazando a sus hermanos más livianos hacia las tetas menos productoras (Figura 3).

En esta variable, el efecto de la selección de teta entre sexos, no es significativo, por ende, el peso individual del lechón es el factor determinante para posesionarse de las tetas más productoras.

Discusión

En este trabajo, encontramos que el efecto del tamaño y peso de la camada al nacimiento, afecta directamente la ganancia diaria de peso de los lechones, principalmente en camadas numerosas con pesos bajos al nacimiento, afectando en toda la lactancia hasta el destete. Por ende, camadas pesadas al nacimiento y tamaños homogéneos, tienen una tendencia más lineal de crecimiento hacia el destete, resultados también encontrados por (Thompson y Fraser, 1986; Milligan *et al*, 2001).

Observamos también que en camadas numerosas se incrementa la competencia entre lechones por el grado de insistencia de utilizar la misma teta, con lo que se excluyen parcial o completamente los lechones más ligeros de las tetas productivas, obteniendo pobres ganancias de peso durante los primeros días después del parto o bien la muerte, resultados similares a las investigaciones de (Milligan *et al*, 2001; Van der Lende *et al*, 2002). Daza, (1995), comenta que la especificidad de las tetas pectorales se poseionan a los tres primeros días después del parto y las abdominales se establecen más tarde.

Daza, (1995), menciona que los machos pesan más al nacimiento, pero que las hembras se adaptan mejor que los machos. Sin embargo, Lay *et al*, (2002), menciona que lo machos contemplan más duelos entre ellos dando mayor oportunidad que las hembras se establezcan en las tetas. Con relación a la ganancia diaria de peso de los lechones entre sexo, encontramos que los machos tienen mayor variación de peso que las hembras, las hembras obtuvieron las mejores ganancias diarias de peso 137.1 ± 5.83 g/día y una tendencia de crecimiento más linealmente que los machos.

Las hembras de primer parto tienen menor peso de la camada al nacimiento como al destete, que hembras multíparas (Chang *et al*, 1999). Sin embargo Gómez *et al*, (1999), en su investigación encontró datos similares, aportando que hembras de primer y segundo parto tienen bajo pesos al destete. En este sentido, se encontró que lechones de madres de tercer parto, obtuvieron mayor ganancia diaria de peso, que lechones de madres de primer y sexto parto. Esto nos da a entender, que las hembras de primer parto y las de sextos, se encuentran en los extremos de los parámetros reproductivos, por ende, las hembras de tercer parto se encuentran en el punto más favorable de su etapa reproductiva con respecto a esta variable.

El peso del lechón al nacimiento de 1.361 ± 292.8 o más, es un factor determinante para la ganancia diaria de peso en toda la lactancia, así como de la supervivencia del mismo. Este dato concuerda con (Thompson y Fraser, 1986; Daza, 1995; Milligan 2001; Van der Lender *et al*, 2002). Sin embargo, Tette (2000) menciona que la selección de lechones para supervivencia puede mostrar un efecto directo del inicio de la lactancia hasta el destete, ambas con o sin correlación por el peso al nacimiento. Además, el peso individual tiene incrementos por la heterosis directa del lechón (Roehe, 1996), así, pesos al nacimiento individuales de 1.0, 1.2, 1.5 y 1.8 kg, pueden tener un incremento de peso rápido por la heredabilidad (Roehe y Kalm, 2000).

Conclusiones

En camadas numerosas existe mayor variedad de peso de los lechones al nacimiento, así como al destete, esto se ve afectado por la numerosa competencia que realizan los lechones por conseguir una teta a la hora del amamantamiento, afectando directamente la ganancia diaria de peso de los lechones al destete. Por ende, es recomendable manipular las características genéticas disponibles de cada raza porcina, además de mejorar la nutrición de las hembras gestantes para obtener camadas más homogéneas con pesos mayores al parto, así, tener una mejor ganancias diaria de peso de los lechones en toda la lactancia.

En el número de parto de la hembra porcina, se concluye que lechones de tercer parto tienen las mejores ganancias diarias de peso en toda la lactancia, que lechones de hembras de primero y sexto parto.

La selección de teta elegida por el lechón más frecuentemente en cada amamantamiento, determina la ganancia diaria de peso del lechón hacia el destete, obteniendo mayores crecimientos lechones que se amamantaron de las tetas pectorales. También se concluye que el peso del lechón al parto es el determinante para posesionarse de las mamas más productoras.

Literatura citada

- Blasco A.. 1998. Departamento de Ciencia Animal. Universidad Politécnica de Valencia. P.O. Box 22012. Valencia 46071. Spain. E-mail: ablasco@dca.upv.es
- Buchanan, S. D., William G. L., Arche C. C.. 1998. Oklahoma Cooperative Extension Service, Division of Agricultura Science and Natural Resources. F - 3603.
- Casellas, J., Gómez-Raya L., Piedrafita J., Sanchez A., Arque M. y Noguera J. L.. 2002. Análisis preliminar de variables fisiológicas y de vitalidad en lechones F2 Ibéricos x Meishan. Veterinaria UAB, 08193, Bellaterra, Barcelona.
- Casellas, J., Noguera J. L., Varon L., Sánchez A., Arqué M. y Piedrafita J.. 2003. Supervivencia hasta el destete de lechones F2 Ibérica x Meishan. Veterinaria UAB, 08193, Bellaterra, Barcelona.
- Chang, A. A., Omar Verde y Lina Soler.. 1999. Efectos genéticos y ambientales sobre los pesos de camada a diferentes edades predestete en cerdos. Zootecnia Tropical. Vol. 17 (2):155 – 174.
- Chávez, T. C.. 1999. El mejoramiento genético en cerdos reflejado en la canal, Técnicas Genéticas, primera de dos partes. Cerdos - SWINE/ año, 2. No. 25.
- Chen, P., Baas. T. J., Madry J. W., Koehler K. J., and Dekkers J. C.. 2003a. Genetic parameters and trend for litter train in U.S. Yorkshire, Duroc, Hampshire, and Landrace. J. Anim. Sci. 81:46-53.
- Chen, P. T., Baas J. J., Mabry J. W., and Koehler K. J.. 2003b. Genetic correlations between lean growth and litter traits in U.S. Yorkshire, Duroc, Hampshire, and Landrace pigs. J. Anim. Sci. 81:1700 -1705.
- Clutter, C. A., Buchana, D.S., Luce William G.. 1998. Evaluating breds of swine for crossbreeding programs. Oklahoma Cooperative Extension Service. Division of Agricultural Sciences and Natural Resources. F- 3604.
- Daza, A. A.. 1995. Producción y Manejo del Lechón Lactante, Capitulo IX, Porcinocultura Intensiva y Extensiva, Tomo VI. España. Páginas 149 - 168.
- Dunshea, F. R., Harris D. M., Bauman D. E., Boyd R. D., and Bell A. W.. 1992. Effect of somatotropin on nonesterified fatty acid and glycerol metabolism in growing pigs. J. Anim. Sci. 70:132-140.

- Dwyer, C. M., Neil C. Stickland., and John M. Fletcher.. 1994. The influence of maternal nutrition on muscle fiber number development in the porcine fetus and on subsequent postnatal growth. *J. Anim. Sci.* 72:911 - 917.
- Gadd, J.. 2000. Cómo mejorar el tamaño de las camadas: Registros, evaluaciones y acciones. *Cerdos-SWINE/año 3. No. 35.*
- Goasduf, B.. 2000. La importancia del período posdestete en el desarrollo inmunológico del lechón. *Inmunología, Cerdos-SWINE/año 3, No.36.*
- Gómez, M. M., Segura C. J. C., Rodríguez-Buenfil J. C.. 1999. Efecto del año, bimestre y número de parto de la cerda en el tamaño y peso de la camada al nacer y al destete en una granja comercial. *Rev Biomed; Vol 10:23 - 28.*
- INEGI www.inegi.com.mx
- Jungst, S. B., Dary L., Kuhlert L., and Litter J. A.. 1998. Heterosis losses resulting from Incorrect mating in a three-breed rotational crossbreeding system in pigs. *J. Anim. Sci.* 76:29-35.
- Kephart, K.. 2001. Manejo de los lechones. Universidad Estatal de Pennsylvania. *Venezuela Porcina. Pag 1- 3.*
- Lay, D. C., Matterit R. L., Carroll J. A., Fangman T.J and Safranskis T.J.. 2002. Prewaning survival in swine. *J. Anim. Sci.* 80 E. Suppl, 1: E74-E86.
- Leidenz, M., Vecchionacce H., Verde O., González C. y Díaz N.. 1999. Factores genéticos y ambientales que afectan las características productivas en lechones predestete. Facultad de agronomía UCV. Venezuela.
- Mahan, D. C and Vall J. L.. 1997. Vitamin and mineral transfer during fetal development and the early postnatal period in pig. *J. Animal. Sci.* 75:273 - 2738.
- McClure, E. J.. 1999. El potencial genético de los cerdos y su rendimiento bajo condiciones comerciales. *Genética. Cerdos SWINE/año 2, No. 22.*
- McKay, R. M.. 1994. Preweaning growth of Yorkshire, Hampshire, and Landrace pigs. *J. Anim. Sci.* 72:56 -61.
- Miller M. B., Hartsock T. G., Douglass B.E. L., and Alston-Mills B.. 1994. Effect of dietary calcium concentrations during gestation and lactation in the sow on milk composition and litter growth. *J. Anim. Sci.* 72:1315 - 1319.
- Milligan, B. N., Fraser D., Kramer D. L.. 2001. Birth weight variation in the domestic pig: effects on offspring survival, weight gain and suckling behavior *Applied Animal Behaviour Science*, 73: 179 - 191.

- Newton, B.. 1999. Los retos de la alimentación de la cerda moderna, Alimentación, Cerdos-SWINE /año 2, No.16.
- Noblet, J., Dourmand J. Y., Etienne M.,and Le Dividich J.. 1997. Energy metabolism in pregnant sows and newborn pigs. J. Anim. Sci. 75:2708 - 2714.
- PIC.. 2003. Impacto de las variables que determinan el desarrollo magro del cerdo, primera parte, PIC México, Visión Técnica. www.porcicultura.com
- Quiles, A y Hevia M.. 2003. Mortalidad neonatal en lechones. Departamento de producción Animal. Facultad de Veterinaria. Universidad de Murcia. Campus de Espinardo. Porcicultura@porcicultura.com.
- Ribot, A.. 1995. El lechón: Destete y Transición. Capitulo X. Porcinocultura Intensiva y Extensiva. Tomo VI, España, páginas 169 - 179.
- Richert, B.T., Tokach M. D., Goodband R. D., Nelssen J. L., Campbell R. G., and Kershaw S.. 1997. The effect of dietary lysine and valine fed during lactation on sow and litter performance. J. Anim. Sci. 75:1853-1860.
- Robert, S., and Martineau G. P.. 2001. Effects of repeated cross-fostering on preweaning behavior and growth performance of piglets and on maternal behavior of sows. J. Anim. Sic. 79:88-93.
- Roehe, R.. 1996. Estimation of crossbreeding parameters of birth weight and litter size in swine using bayesian analysis. Intitut fir Tierzucht and Tierhaltung, Chistian-Albrechts-Universital zu Kiel, Clshausenstr, 40, D-241 18 Kiel, Germany.
- Roehe, R. and Kalm H.. 2000. Estimation of genetic and enviromental risk factors associated with pre-weaning mortality in piglets using generalized linear mixed models..Anim Science 70:227-240.
- Schinckel, A. P. and Einstein M. E.. 1995. Concepts of growth and composition. Department of Animal Sciences.
- Schinckel, A. P., and Large de C. F. M.. 1996. Characterizacon of growth parameters needed as inputs for pig growth models. J. Anim. Sci. 74:2021 - 2036.
- Schoknecht, P. A.. 1997. Swine nutrient usage during pregnancy and early postnatal growth, an itroduction. J. Anim. Sci. 75:2705 - 2707.
- Segura, C. J. C., y Segura C. V. M.. 1991. Influencia de algunos factores genéticos y ambientales sobre la eficiencia reproductiva de cerdos en una granja de Chontalpa, Tabasco. Vet. Méx. XXII.I, pag. 73 - 76.

- Spreeuwenberg, M. A. M.. 2001. Nutrición y salud del lechón destetado. Nutreco Swine Research Centre, P.O. Box 240, 5830 AE Boxmeer, The Netherlands. e-mail: Mirjam.Spreeuwenberg@nutreco.com
- Thompson, B. K and Fraser D.. 1986. Variation in piglet weights: Development Of within - litter variation over a 5 - week lactation and affect of farrowing crate desing. Can. J. Anim. Sci. 66:361-372.
- Thompson, B. K and Fraser D.. 1988. Variation in piglets weights: weight gains in The first days after birth and their relationship with later performance. Can. J. Anim. Sci. 68: 581 - 590.
- Tilton S.L., Miller P. S., Lewis A. J., Reese D. E., and Ermer P.M.. 1999. Addition of fat to the diets of lactating sows: I. Effects on milk production and composition and carcass composition of the litter at weaning. J. Anim. Sci. 77:2491-2500.
- Tokach, M.. 2001. El consumo de la cerda afecta las camadas. Universidad de Kansas. Pag.1 - 4.
- Trujillo, O. M. E., Martínez G. R. G., Herradora L. M. A.. 2002. La Piará Reproductora. Editorial Mundi Prensa, México, D. F.
- Van Beers-Schreurs H. M. G., Nabuurs M J. A., Vellenga L., Kalsbeek-van V.H., Wensing T. And Breukink H.J.. 1998. Weaning and the weanling diet influence the villous height and crypt depth in the small intestine of pigs and alter the concentrations of short-chain fatty acids in the large intestine and blood. Department of Large Animals, Medicine and Nutrition, Utrecht University, 3508 TD Utrecht, The Netherlands Institute for Animal Science and Health, 8219 PH Lelystad, The Netherlands.
- Van der Lende, T., Knol E. F., Birgitte T. T., Van Rens H.. 2002. New developments in genetic selection for litter size and piglet survival. Thai J. Vet. Med. Vol. 32 Supplement, Pag. 34- 46.
- Van Milgenet, J.. 2002. La energía en la nutrición de los cerdos en crecimiento: El animal, la dieta y el medio de producción. Institut National de la Recherches Agronomique. 35590 Saint -Gilles, France.
- Wang, Y., Sussan K. F., Petersen R. N., and Schoknecht P. A.. 1998. Somatotropin Regulates Adipose Tissue Matabolism in Neonatal Swine. Departments of Anim. Sci and nutritional Sci. Cook college, Rutgers University, New Bruswick, NJ 08901 - 8525.

Wayne W. Daniel, 1992. Base para el análisis de las ciencias de la salud. Bioestadística. Pag. 35 a 53. 3^{er} edición. Editorial limusa.

Zinin, P. C y Dos Passos A. A.. 1999. Cuidados especiales a los lechones recién nacidos. Fisiología. Cerdos SWINE/año 2, No. 16.