



11674
2

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILÁN

**MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y DE LA SALUD
ANIMAL**

**COMPOSICIÓN CORPORAL COMO HERRAMIENTA PARA LA
PREDICCIÓN DE LA FUNCIÓN PRODUCTIVA Y REPRODUCTIVA EN
CERDAS**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS**

**PRESENTA
MAURICIO BALDERAS ORDAZ**

**TUTOR
DR. JOSÉ ANTONIO CUARÓN IBARGÜENGOYTIA**

**COMITÉ TUTORAL
DR. MOISÉS MONTAÑO BERMÚDEZ
DR. CARLOS GUILLERMO GUTIÉRREZ AGUILAR**

AJUCHITLÁN, COLÓN, QRO.

2003

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

A



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. José Antonio Cuarón Ibargüengoytia, por la confianza y el apoyo brindado.

Al CENIFMA-INIFAP y a todos aquellos compañeros, que me brindaron su apoyo.

Al PAIEPEME A.C. porque siempre conté con su ayuda

A las instituciones y empresas que hicieron posible la realización de este trabajo (Grupo Delta; Agroporcina; SIGHO-CONACYT; y a la UNAM)

A los integrantes del Jurado.

**TRABAJO CON
FALLA DE ORIGEN**

HONORABLE JURADO

Presidente	DR. MOISÉS MONTAÑO BERMÚDEZ
Vocal	DR. FELIPE DE JESÚS RUIZ LOPEZ
Secretario	Dr. CARLOS GULLERMO GUTIERREZ AGUILAR
Primer Suplente	DR. CESAR AUGUSTO MEJIA GUADARRAMA
Segundo Suplente	DR. JOSE ANTONIO CUARON IBARGÜENGOYTIA

**TRABAJA CON
FALLA DE ORIGEN**

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	III
ÍNDICE DE CUADROS	IV
ÍNDICE DE GRÁFICAS	V
RESUMEN	1
I. INTRODUCCIÓN	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	7
2.1 Factores que afectan el consumo voluntario de alimento	7
2.2. Consumo de nutrimentos y su relación con los cambios de peso	12
2.3. Composición corporal	17
2.4. Procesos hormonales que influyen sobre la reproducción y su relación con la condición corporal	20
2.5. Métodos utilizados para estimar la composición corporal	23
III. HIPÓTESIS	27
IV. OBJETIVOS	27
V. MATERIAL Y MÉTODOS	28
Fase 1	28
Fase 2	33
Fase 3	36
VI. RESULTADOS	37
Fase 1	37
Fase 2	41
Fase 3	45
VII. DISCUSIÓN	48
VIII. CONCLUSIÓN	64
IX. LITERATURA CITADA	80

TRABAJO CON
FALLA DE ORIGEN

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO .1 Descripción de la población por granja, para datos de producción, mediciones de composición corporal y cambios de peso.	65
CUADRO 2. Descripción de la población por granja, para datos de producción, mediciones de composición corporal y cambios de peso (Continuación).	67
CUADRO 3. Descripción de la población por grupos de edad (agrupado por números de parto), para datos de producción, mediciones de composición corporal y cambios de peso.	68
CUADRO 4. Descripción de la población por grupos de edad (agrupado por números de parto), para datos de producción, mediciones de composición corporal y cambios de peso (continuación).	69
CUADRO 5. Descripción de los datos obtenidos de las cerdas sacrificadas.	71
CUADRO 6. Composición química del tejido muscular.	73
CUADRO 7. Cambio en grasa y músculo dorsal a través de la edad, por número de parto (NP).	74
CUADRO 8. Cambio en tejido magro a través de la edad.	74
CUADRO 9. Coeficientes de correlación simple entre las mediciones de grasa y músculo.	75
CUADRO 10. Análisis de regresión para estimar cortes magros usando el peso vivo (CMU1) y usando el peso de la canal (CMU2), mediante la el equipo de ultrasonido de tiempo real.	76
CUADRO 11. Variables incluidas en las ecuaciones de regresión y su descripción estadística.	76
CUADRO 12. Análisis regresión por granja a partir de dos modelos para predecir los lechones nacidos totales al siguiente parto.	77
CUADRO 13. Análisis regresión por granja a partir de dos modelos para predecir el intervalo destete estro.	77
CUADRO 14. Correlación entre el número de lechones nacidos al siguiente parto (NTPS) y sus predicciones.	78
CUADRO 15. Correlación entre el intervalo destete estro al siguiente parto (IDES) y sus predicciones.	78

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Cambio en condición corporal a través de la edad.	79
Gráfica 2. Proporción de tejido magro en relación a la edad (en kilogramos y porcentaje).	79

RESUMEN

Las pérdidas de peso durante la lactación afectan la vida reproductiva de las cerdas y se ve reflejada inmediatamente en el intervalo destete estro y posteriormente en la disminución de los lechones nacidos en el siguiente parto. Esas pérdidas de peso son principalmente tejido muscular, ya que de este se obtiene la glucosa para la formación de lactosa para la síntesis de leche. Con la medición de esas pérdidas será posible estimar el comportamiento productivo al siguiente parto. Se hicieron mediciones de la composición corporal a través de un ultrasonido de tiempo real, en cerdas de diferente edad, estas fueron sacrificadas y despiesadas para determinar la cantidad de tejido magro (muscular) y con ello se generó la metodología para estimarlo: Cortes Magros = $21.03 + (0.189 \times \text{Peso vivo}) - (0.558 \times \text{Edad}) - (0.454 \times \text{Tamaño de camada}) - (1.717 \times \text{Profundidad de grasa dorsal en la última costilla}) + (1.699 \times \text{Profundidad de músculo dorsal en la últimas costilla})$, (R^2 0.64, $P < 0.001$). También se hicieron mediciones en 4 granjas de los cambios en la composición corporal, incluyendo los cambios en tejido magro y se tomaron datos de producción de las cerdas. Con esos datos se creó una metodología para estimar el intervalo destete estro (IDE) y los lechones nacidos totales al siguiente parto (NTPS). IDE = $16.8865 - (0.0199 \times \text{Peso estimado al parto}) - (0.7454 \times \text{Consumo diario de alimento}) - (0.3459 \times \text{Pérdida de grasa en lactación})$, (R^2 0.052, $P < 0.001$). NTPS = $11.1414 + (0.1863 \times \text{Edad}) - (0.3266 \times \text{Consumo diario de alimento}) + (0.1657 \times \text{Pérdida de tejido magro})$, (R^2 0.039, $P < 0.04$). Con el uso de esta metodología no podremos predecir con exactitud cuantos lechones parirá la cerda o cuantos días tardará en presentar celo, pero si nos permitirá estimar si estos no se encontrarán dentro de los rangos normales.

Palabras clave: Composición corporal, cerdas, comportamiento reproductivo.

PAGINACIÓN DISCONTINUA

I. INTRODUCCIÓN

Se estima que en México hay una población de 1 millón a 1 millón 200 mil cerdas (INEGI, 2001), de las cuales se calcula que anualmente se reemplazan entre el 30 y el 40%. En las granjas con un promedio de 3.5 a 4 partos de vida productiva de las cerdas, se puede calcular que el recambio sea alrededor del 60% (Bello *et al.*, 1998) en el supuesto de 2.1 partos por hembra por año, si el recambio es equivalente a la tasa de reemplazo entonces se están reteniendo cerdas cuya productividad es menor a la proyectada. El impacto económico de esto debe medirse en los términos del costo de reemplazo, esto es de 350 mil a 480 mil cerdas anuales en el país por la reducción de la productividad tales como en el número de lechones y la reducción en su peso al destete por hembra por año.

El desecho de las cerdas sucede por problemas infecciosos o de manejo. En relación a la última causa, se encuentran fundamentalmente razones asociadas a problemas locomotores o de baja productividad (Whittemore, 1996; Bello *et al.*, 1998; Schultz *et al.*, 2001). Pero el origen de las fallas productivas (reproductivas), usualmente puede asociarse a pérdidas de peso en lactación (mermas en los tejidos adiposo y muscular) en consecuencia de errores en la alimentación del pie de cría (King y Martín, 1989; Dourmand *et al.*, 1996; Revell *et al.*, 1998; Dourmand *et al.*, 1999; Xue *et al.*, 1997; Kim y Easter, 2001a).

Lo más frecuente es que las fallas nutricionales se distingan como una pérdida en la longevidad del pie de cría (Dourmand *et al.*, 1998b; López Serrano *et al.*, 2000). Las causas particulares del desecho típicamente se asocian a otras causas clínicas (Schultz *et al.*, 2001), aún cuando sean consecuencia de problemas de alimentación (Dourmand *et al.*, 1994; Zak *et al.*, 1998). Lo que sucede, es que la capacidad productiva de la cerda va mermándose progresivamente porque las

agresiones a su integridad corporal pueden no ser obvias (Hartmann *et al.*, 1997; Aumaitre *et al.*, 2000). Una de las causas de desecho de las cerdas reproductoras es debido a un retraso en la presentación de estros posdestete, o bien la no-detección del estro (anestro), por evidencia de baja prolificidad o en casos extremos muerte embrionaria o re-absorciones pueden ser un efecto de desarreglos metabólicos provocados por problemas de alimentación (Bello *et al.*, 1998; Dourmand *et al.*, 1998a).

Si la ingestión de alimento durante la lactación es insuficiente no se suplirán las demandas de producción de leche, lo que originará que la cerda movilice nutrimentos de sus tejidos corporales para cubrir los requerimientos para la síntesis de leche (Brendemuhl, 1989; Trottier *et al.*, 1997; Clowes *et al.*, 1998). El metabolito que más limita la producción de leche es la glucosa para la síntesis de lactosa, la demanda de proteína obedece el uso de aminoácidos para la síntesis en la glándula mamaria pero también porque los aminoácidos son la fuente más abundante y lábil de glucosa vía gluconeogénesis (Trottier y Easter, 1995; Trottier 1997, Trottier *et al.*, 1997; Kerr, 1997). La glucosa se deriva directamente del desdoblamiento de los hidratos de carbono, en el alimento y el aporte de radicales de aminoácidos puede ser rendido además del alimento, primero por el hígado y después por el tejido muscular (Murray *et al.*, 1997; Pluske, *et al.* 1998; Renaudeau y Noblet, 2001).

Cuando la movilización de los tejidos aporta el sustento de las necesidades de la glándula mamaria se reduce la ganancia diaria de peso de la camada por una menor producción de leche, o se originan severas pérdidas de peso, ya que el metabolito limitante es la energía (Renaudeau y Noblet, 2001; Kim y Easter 2001b; Clowes *et al.*, 2003a). La movilización de grasa tiene el objeto de suplir energía para otros tejidos permitiendo que el flujo de glucosa a la glándula mamaria sea seguro (Kim *et al.*, 1999; Kim *et al.*, 2001a; Kim *et al.*, 2001b;

Averette, 2002), por esto, es que se propusiera que se midiera la grasa dorsal de los animales como una forma de estimar el impacto de la pérdida de peso.

Sin embargo, en cerdas cuya pérdida de peso sea significativa habrá una importante disminución primeramente en el peso del hígado (Kim y Easter, 2001) y luego del músculo esquelético dando como resultado (quitar energía) que la movilización de las masas proteicas del organismo explique el 60% de la pérdida de peso de las cerdas en lactación (Dourmand *et al.*, 1994). Por otro lado, la grasa corporal contribuirá a satisfacer las demandas de energía del metabolismo de la cerda (Noblet y Etienne, 1987; Kim *et al.*, 1999; Averette *et al.*, 2002).

Es obvio que antes de calificar el programa de alimentación se midan los cambios de peso corporal, pero esto no se hace rutinariamente. En cambio, se ha recurrido a la evaluación subjetiva de la condición corporal que además supone una estimación de los cambios en la composición corporal. Esto es objetable porque la evaluación de las formas impide estimar alteraciones en la composición corporal, por esto es que en adición a la evaluación de las formas en composición se ha recurrido a la medición de la grasa dorsal, llegando a recomendaciones como desechar o "recuperar" a las cerdas que no alcancen una cierta profundidad de grasa dorsal (Boyd y Touchete, 1997; Patience y Tacker, citados por Trottier 1997, Bello *et al.*, 1998, Bezille, 2002).

El problema de medir la profundidad de grasa dorsal está en dos vertientes diferentes: A). Prácticamente no se conoce el comportamiento de la profundidad de grasa dorsal en función de la edad, de los problemas de alimentación, o del ambiente por lo que la decisión de desechar o recuperar una cerda con cierta profundidad de grasa dorsal puede ser por completo inapropiado. B). No se conoce la asociación que hay entre los cambios de la profundidad de grasa dorsal y la pérdida de proteína corporal en las cerdas.

Mucho más apropiado, Dourmand *et al.*, (1997), crean una metodología para distinguir cambios en la composición de la cerda pero no puede ser trasladado a las granjas por la complejidad y gasto asociado a la constatación de proteína y grasa en el animal.

Ahora bien, se cuenta con equipos de ultrasonido que permitan medir la profundidad apropiada de grasa y músculo, y se sabe la asociación que los cambios en este tienen con los componentes corporales, entonces sería factible el diseño de metodología práctica y constatable en la medición de los cambios en los tejidos rendidos por la cerda.

En concreto, se hacen recomendaciones sobre cambios en la profundidad de la grasa dorsal o de manera más simple a través de la observación visual (en escala del 1 al 5; Patience y Thacker, 1989, citados por Trottier, 1997; Johnston, 1996, citado por Pérez, 1998), cuando ni siquiera se conoce la normalidad o las desviaciones inducidas por razones de raza o edad, ó el impacto en el programa de alimentación (Boyd y Tonchete, 1997; Pérez, 1998). Por su objetividad y relevancia, el registro y análisis del consumo voluntario de alimento y los cambios de peso corporal, son criterios que deberían incluirse rutinariamente, pero tendrán que relacionarse acertadamente al comportamiento productivo del pie de cría y los cambios en composición corporal para predecir el futuro de la respuesta productiva de la cerda y no solamente mediciones subjetivas (Juárez *et al.*, 1999).

Entonces el trabajo que se presenta a continuación surge de la hipótesis de que conociendo la asociación de la respuesta productiva de las cerdas (lechones nacidos, peso de lechones nacidos, lechones destetados, peso de los lechones destetados, ganancia diaria de peso, consumo diario de alimento, pérdida de peso durante lactación, intervalo destete-estro, entre otras) con los cambios

objetivamente medibles en la composición corporal (profundidad de grasa y músculo dorsal), se podrá tener una herramienta efectiva para dirigir los programas de alimentación y manejo de las cerdas a su mayor productividad y eficiencia.

II. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1. Factores que afectan el consumo voluntario de alimento.

Los cerdos regulan el consumo de alimento manteniendo un consumo constante de energía (Rojo *et al.*, 2001). Por lo tanto, el consumo es determinado por la densidad de energía de la dieta, si la densidad de la dieta aumenta la cantidad de alimento consumido disminuye (NRC, 1987). Por ejemplo, dietas con 3.0 Mcal de ED/kg tendrán mayores consumos que dietas con 3.3 Mcal de ED/kg siendo estos de 4.9 y 5.1, respectivamente (O'Grady *et al.*, 1985). Además, es importante la edad, ya que las hembras primerizas consumen 15% menos energía durante lactación que las cerdas adultas (NRC, 1987; Dourmand *et al.*, 1999; Aumaitre *et al.*, 2000).

El consumo de alimento y el balance de energía son influenciados por diferentes factores de regulación interna a través del tracto gastrointestinal, metabolitos y hormonas, y de regulación externa tales como el ambiente, sensoriales y de la cantidad de nutrimentos en la dieta (NRC, 1987; Kalra *et al.*, 1999). Todos son controlados por el hipotálamo, ubicado en el sistema nervioso central, debido a que existe un gran número de receptores periféricos que proveen información acerca del estado metabólico (Kalra *et al.*, 1999; McNamara y Boyd, 1999).

Los sitios hipotalámicos tales como el lóbulo ventromedial (VML), lóbulo dorsomedial (DML), lóbulo paraventricular (PVL) e hipotálamo lateral (LH), ejercen mecanismos neurales que afectan la ingestión de alimento (Shimada, 1987; Kalra *et al.*, 1999). Históricamente se ha identificado al hipotálamo como un regulador de la energía a través de la homeostasis, especialmente por sitios conectados con los mecanismos neurales que afectan el apetito (NRC, 1987; Shimada, 1987; Kalra *et al.*, 1999;).

Los metabolitos que regulan el consumo voluntario de alimento son la glucosa y los ácidos grasos libres (Weldon *et al.*, 1994a; Weldon *et al.*, 1994b; Revell *et al.*, 1998; Prunier *et al.*, 2001). El aumento de glucosa en sangre es un mecanismo a corto plazo (teoría glucostática), regulado por un centro de la saciedad en el VML del hipotálamo y un centro del apetito que se encuentra en el LH. Para el caso de ácidos grasos libres o glicerol circulantes funciona de la misma manera, siendo este un mecanismo a largo plazo (Shimada, 1987). Existen otros metabolitos que influyen sobre el consumo de alimento como son el neuropeptido Y, galaninas, péptidos opioides, glutamato, ácido gamabutírico y neurotensina (Kalra *et al.*, 1999).

Se ha registrado un nuevo hallazgo al observar que la interconexión del DML y PVL puede ser mediado por la liberación de leptina para interactuar con el neuropeptido Y que tiene un efecto negativo sobre el consumo de alimento (Hileman *et al.*, 2000). La leptina es una hormona producida en el tejido adiposo y cuando hay obesidad hay altas concentraciones trayendo como consecuencia una disminución en la ingestión de alimento (Prunier *et al.*, 2001). El neuropeptido Y es un transductor del apetito y también representa un componente esencial de la vía final en la integración hipotalámica de la homeostasis de la energía. Los péptidos del sistema nervioso central tienen un efecto directo en el control del metabolismo, consumo de alimento y comportamiento reproductivo. Para este caso, el inicio del consumo de alimento puede ser influenciada por péptidos opioides y el término de este proceso por la colecistoquinina (Kalra *et al.*, 1999).

Respecto a la temperatura corporal, sugiere que los animales ajustan su consumo para lograr mantener una temperatura corporal constante. El control de este proceso ocurre a nivel del sistema nervioso central, habiendo receptores de cambio de temperatura *posprandium* que tienen lugar en la piel y el hipotálamo

(Shimada, 1987). La temperatura es probablemente el componente ambiental más importante que afecta el consumo de alimento (Renaudeau y Noblet, 2001).

El NRC (1987) indica que en una zona de termoneutralidad hay una producción de calor relativamente estable. Nichols *et al.*, (1980, citado por NRC, 1987), sugieren que el estrés ocasionado por el frío extremo incrementa drásticamente el consumo voluntario de alimento. Con una temperatura de 5°C el consumo de alimento aumenta en un 19% en comparación a 15°C, pero a 0°C el aumento es del 161% (NRC, 1987). La humedad del aire y la temperatura ambiental interactúan con el consumo de alimento y el comportamiento de los cerdos.

Durante el estrés por calor los cerdos dependen de la pérdida evaporativa de calor (jadeo) hasta perderlo. El consumo de alimento es reducido y adicionalmente la energía es requerida para la pérdida del calor provocando una depresión en el crecimiento. El movimiento de aire disminuye la temperatura ambiente efectiva por incrementar las tasas de la pérdida evaporativa de calor. Las tasas de movimiento de aire de 0, 0.2, 0.5 y 1.5 m/seg cambian la temperatura ambiente efectiva en 0, -4, -7 y -10°C, respectivamente (NRC, 1987).

El aumento de las temperaturas en las maternidades muestran un efecto negativo sobre el consumo voluntario de alimento. Black *et al.*, (1993) citado por Quiniou *et al.*, (1998) mencionan que un aumento de 1°C de temperatura ambiental de 16 a 32°C ocasiona una reducción de 574 Kcal de energía digestible ingerida por día. Por su parte Whittemore (1996) menciona que cuando hay un incremento de 18°C a 30°C se reduce el consumo de alimento en lactación cerca de un 40%, ósea que hay una reducción diaria en el consumo de al menos 1 g/kg de peso vivo por °C arriba de la temperatura confort de 16°C (Quiniou *et al.*, 1998; Aumaitre *et al.*, 2000). El factor que limita el consumo diario de alimento parece ser la capacidad de la cerda por disipar el calor interno. Se debe de considerar sistemas de

(Shimada, 1987). La temperatura es probablemente el componente ambiental más importante que afecta el consumo de alimento (Renaudeau y Noblet, 2001).

El NRC (1987) indica que en una zona de termoneutralidad hay una producción de calor relativamente estable. Nichols *et al.*, (1980, citado por NRC, 1987), sugieren que el estrés ocasionado por el frío extremo incrementa drásticamente el consumo voluntario de alimento. Con una temperatura de 5°C el consumo de alimento aumenta en un 19% en comparación a 15°C, pero a 0°C el aumento es del 161% (NRC, 1987). La humedad del aire y la temperatura ambiental interactúan con el consumo de alimento y el comportamiento de los cerdos.

Durante el estrés por calor los cerdos dependen de la pérdida evaporativa de calor (jadeo) hasta perderlo. El consumo de alimento es reducido y adicionalmente la energía es requerida para la pérdida del calor provocando una depresión en el crecimiento. El movimiento de aire disminuye la temperatura ambiente efectiva por incrementar las tasas de la pérdida evaporativa de calor. Las tasas de movimiento de aire de 0, 0.2, 0.5 y 1.5 m/seg cambian la temperatura ambiente efectiva en 0, -4, -7 y -10°C, respectivamente (NRC, 1987).

El aumento de las temperaturas en las maternidades muestran un efecto negativo sobre el consumo voluntario de alimento. Black *et al.*, (1993) citado por Quiniou *et al.*, (1998) mencionan que un aumento de 1°C de temperatura ambiental de 16 a 32°C ocasiona una reducción de 574 Kcal de energía digestible ingerida por día. Por su parte Whittemore (1996) menciona que cuando hay un incremento de 18°C a 30°C se reduce el consumo de alimento en lactación cerca de un 40%, ósea que hay una reducción diaria en el consumo de al menos 1 g/kg de peso vivo por °C arriba de la temperatura confort de 16°C (Quiniou *et al.*, 1998; Aumaitre *et al.*, 2000). El factor que limita el consumo diario de alimento parece ser la capacidad de la cerda por disipar el calor interno. Se debe de considerar sistemas de

ventilación o la aspersión de agua por goteos (Quiniou *et al.*, 1998.). O'Grady *et al* (1985), menciona que hay mayores consumos de alimento a temperaturas de 21°C que a 27°C de 5.2 y 4.6 kg de alimento, respectivamente.

Los genotipos de cerdas modernas tienen bajos consumos de alimento, (Kim y Easter, 2001) principalmente en cerdas primerizas durante la lactación debido a que tienen un bajo tamaño con relación a su productividad y demanda de nutrimentos. Se han seleccionado para ser más magras (reducción en grasa dorsal). Sin embargo, no ha habido una mejora en el consumo de alimento, al contrario pareciera que este es menor (Whittemore, 1996; Sinclair *et al.*, 2001). Parte de la variabilidad asociada con el consumo de alimento puede ser atribuida a diferencias en la genética, por mencionar algunas los cerdos Duroc tienden a consumir más alimento que otras razas (NRC, 1987; Eissen *et al.*, 2003). Como se ha venido mencionando el apetito es químicamente codificado en el hipotálamo regulado por la energía en la mayoría de los vertebrados y una alteración en las señales neuroquímicas producidas por genética y factores hormonales impulsa a la hiperfagia o anorexia (Kalra *et al.*, 1999).

Otros factores que limitan el consumo de alimento, son una capacidad intestinal reducida y la tensión del parto, pero el principal factor relacionado con la nutrición es la cantidad de alimento ingerido durante el período de gestación (Pérez, 1998; Cuarón, 1999; Roppa, 2002).

Las alteraciones en el metabolismo que resultan de la sobrealimentación y el exceso de peso durante la gestación induce a obesidad (Trottier, 1999), que debe ser entendida como una anomalía clínica que rebasa la simple acumulación de grasa. Se altera la sensibilidad a insulina y la secuencia de eventos conduce a que durante la lactancia se reduzca el consumo voluntario de alimento y se agrave la pérdida de peso (Cuarón, 1999).

En general, si el consumo de alimento durante la gestación es alto, el consumo durante la lactación se reduce (Kerr, 1997). Por ejemplo, a consumos de 1.4, 1.9, 2.4 y 3.0 kg/d de alimento consumido durante la gestación, los consumos durante la lactación disminuyen linealmente y son de 4.3, 4.3, 3.9 y 3.4 kg en lactación, respectivamente (O'Grady *et al.*, 1985)

También los métodos de alimentación son muy importantes sobre el consumo de alimento, es decir si a las cerdas se les sirve alimento más veces al día, van a consumir más que si se da *ad libitum* y si el alimento se humedece el consumo es aún mayor (O'Grady *et al.*, 1985)

Cuando no se le pone la atención adecuada a la alimentación, por lo general ocurren fallas en la alimentación durante la gestación, principalmente por una alimentación excesiva ocasionando que las cerdas lleguen obesas al momento del parto (Weldon *et al.*, 1994; Zak, *et al.*, 1998), lo cual desencadena varios problemas tales como un aumento en el riesgo de que el trabajo de parto sea más tardado. Además, por un engrasamiento corporal se puede cubrir las células secretoras de la glándula mamaria por tejido graso disminuyendo así el número de esas células propiciando a que la producción de leche sea menor y que posiblemente afecte la ganancia diaria de peso de la camada (Trottier *et al.*, 1997).

En la etapa de gestación las cerdas normalmente entran en un estado diabético (Weldon *et al.*, 1994a), pero en cerdas obesas este estado se vuelve más manifiesto (Dourmand, 1991). Se altera la sensibilidad a la insulina disminuyendo su concentración y ocasiona bajos consumos de alimento en lactación debido a que esas bajas concentraciones puede limitar la utilización de glucosa periférica y puede permitir una gran liberación de ácidos grasos no

esterificados (NEFA) (Weldon *et al.*, 1994a). Este problema se puede reducir con la inyección de insulina (inusual y costoso) (Weldon *et al.*, 1994b), o bien, de manera aplicable a través de la manipulación de fuente de hidratos de carbono (como la inclusión de sacarosa), ya que parece incrementar la liberación de insulina y la disponibilidad de glucosa para los tejidos no mamarios (Oliva *et al.*, 1997). O bien, la adición suplementaria de una fuente de Cromo orgánico (200 mg/tonelada de alimento) debido a que actúa como activador y potencializador de la insulina en el transporte de glucosa y aminoácidos al interior de la célula (Rentería y Cuarón, 1998; Lindemann, 1998; Cuarón, 1999; McNamara y Boyd, 1999). Aunque la melaza de caña de azúcar, usada como fuente de energía parece incrementar la liberación de insulina y la disponibilidad de glucosa para los tejidos mamarios (Oliva *et al.*, 1997).

2.2. Consumo de nutrimentos y su relación con los cambios de peso.

El consumo de nutrimentos en cerdas reproductoras está ligado a sus requerimientos de mantenimiento y producción. Existen un sin número de estudios relacionados con requerimientos de energía, proteína, aminoácidos, vitaminas y minerales (NRC, 1987). Por ejemplo, una de tantas aproximaciones en el requerimiento de energía de mantenimiento en gestación se puede calcular como EM_m (Kcal/día) = 106 x (peso corporal, kg)^{0.75}, pero hay discrepancia con el factor que multiplica al peso corporal, habiéndose asignado valores entre 0.93 (para las cerdas primerizas) y 115 Kcal. de EM/kg^{0.75} en cerdas adultas (Whittemore y Morgan, 1990; Noblet *et al.*, 1997).

Si durante los primeros días de la gestación se excede el consumo de EM se puede afectar la supervivencia embrionaria, pero si los excesos se dan al final de la gestación, el número de células de la glándula mamaria y la subsecuente

producción de leche se reducirán debido a la infiltración de grasa por obesidad (Etienne y Père, 1998; Trottier, 1999).

En cuanto a la proteína, si durante la gestación hay una ganancia materna de proteína igual a 2.5 kg y de 10 kg de los productos de la concepción, entonces la demanda diaria de proteína durante la gestación no debe ser superior a los 170 g (considerando una eficiencia de retención del 65%) que, con una ingestión diaria de alimento de 2 kg, sería una concentración del 8.5% de proteína cruda. Pero la mayoría de los resultados de investigación coinciden en un requerimiento mínimo equivalente al 12% de proteína (lo que sería una eficiencia de retención del 45%), mucho por el perfil de aminoácidos (Cuarón, 1999).

La predominancia de los tejidos proteicos y la composición de los productos de la concepción crean una particular dependencia por lisina. No hay pruebas de que el requerimiento de lisina digestible sea superior a los 10 g diarios (cerca del 0.50% de lisina digestible, ó 0.60% en base total) (Kerr 1997; Cuarón, 1999; Trottier, 1999). Si hay restricción de lisina durante lactación se altera moderadamente el perfil de aminoácidos esenciales en plasma y marcará cambios en las concentraciones plasmáticas de GH (Hormona de crecimiento), IGF-I (Factor de crecimiento parecido a insulina) e insulina (Mejía *et al.*, 2002).

Durante lactación existen problemas de bajos consumo de alimento y estos se agravan en las cerdas obesas (Aumaitre *et al.*, 2000) que no llegan a consumir la misma cantidad de alimento que las normales, como tampoco incrementan el consumo con la misma velocidad (Dourmand *et al.*, 1997; Van den Brand *et al.*, 2000). Si el consumo de alimento en lactación no supe las demandas de producción, la cerda movilizará nutrimentos para llenar los requerimientos para la síntesis de leche (Noblet y Étienne, 1987a).

La producción de leche en las cerdas modernas se ha incrementado sustancialmente debido a la selección genética. Sin embargo, el crecimiento de los cerdos no solamente es afectado por la cantidad de leche sino que también por su composición de nutrimentos (Revell *et al.*, 1998). En el periodo de lactación las cerdas que consumen más alimento tienen una alta producción de leche por una mayor disponibilidad de nutrimentos disponibles (Koketzu *et al.*, 1996a). Por el contrario, aquellas cerdas que tienen bajos consumos de alimento tienen menos disponibilidad de nutrimentos (Hartmann *et al.*, 1997) y utilizan sus tejidos corporales para satisfacer la producción de leche, por lo que pierden más peso.

La composición de las pérdidas de peso parecen ser diferentes para cada cerda, las pérdidas de grasa corporal parecen ser proporcionales al contenido inicial y no tienen mucha relación con el peso corporal perdido. Las pérdidas de músculo sugieren mayor atención, ya que este es movilizado a través de la gluconeogénesis para producir glucosa y posteriormente lactosa para la síntesis de leche (que se puede estimar con la ganancia de peso de la camada) (Dourmand *et al.*, 1997; Dourmand, 1991), y que además es el tejido que afecta su composición corporal de la cerda (Revell *et al.*, 1998).

Generalmente durante la lactancia (12 a 21 días, en los sistemas modernos de explotación) se observa un balance energético negativo (Pérez, 1998; Roppa, 2002). Noblet y Etienne, (1987) observaron que el balance energético negativo es mayor al final de la lactancia, como consecuencia de una mayor demanda de leche, por parte de la camada en este periodo.

La derrama de energía en la leche es la de mayor consideración para calcular los requerimientos y esta se puede calcular dada la siguiente ecuación: Energía en leche = $(4.92 \times \text{ganancia de peso de la camada, kg/día}) - (0.09 \times \text{número de lechones})$ (Noblet *et al.*, 1990). La energía en la leche (EB, calor de combustión),

se podrá convertir a EM aceptando una eficiencia de conversión del 72%. Al sumar los requerimientos de mantenimiento, obtendremos el requerimiento total (Noblet *et al.*, 1990).

Mullan (1991) menciona que las cerdas metabolizan lípidos y que el consumo de energía metabolizable debe de ser al menos de 19 Mcal/día para evitar la pérdida de lípidos. Las cerdas frecuentemente catabolizan tejido magro, aunque hay una pérdida absoluta de 38% de lípidos (la pérdida de peso es del 69% grasa, 26% de tejido magro y 5% de llenado intestinal y cenizas). Tokach *et al.*, (1992) reportan que las pérdidas de peso y grasa son predominantemente controladas por el consumo de energía metabolizable, con pequeña respuesta al consumo de lisina.

Dourmand *et al.*, (1996), reportan que la extensión en la movilización de los tejidos corporales durante la lactación no afecta la ganancia de peso o cambios en composición corporal durante la siguiente gestación. La retención de nitrógeno deberá incrementar durante la gestación por un aumento en la suplementación de energía. Sin embargo, Kusina *et al.*, (1999), mencionan que pueda afectar el desarrollo mamario a la siguiente gestación.

Un alto consumo de lisina (49 g/d) es necesario para minimizar la pérdida de nitrógeno corporal y utilizarlo para la producción de leche, ya que la baja en la proteína puede afectar la eficiencia reproductiva (Touchette *et al.*, 1998). Sin embargo, Coma *et al.*, (1996) reporta que 55 g/d del total de lisina se necesita para minimizar niveles de nitrógeno y urea en plasma, para cerdas en lactación con una ganancia diaria de peso de la camada de 2,221 g/día, ya que esta puede estar determinando el requerimiento de lisina. Tritton *et al.*, (1996) mencionan que un consumo de 58 g/día de lisina comparado con 37 g/día, incrementa el tamaño de camada al segundo parto de 9.6 a 10.7 lechones nacidos vivos, este nivel de

consumo de lisina durante lactación puede afectar significativamente durante la primera lactación y los parámetros productivos subsecuentes.

Cuando el nitrógeno es limitado durante lactación, las cerdas movilizan proteína y pueden implementar mecanismos adaptativos tales como aumento en catabolismo y reducción en la síntesis de proteína muscular (Clowes *et al.*, 1998), ya que la proteína muscular movilizada contribuye a las necesidades totales de producción de leche (Kerr, 1997). El metabolito que más limita la producción de leche es la lactosa, cuya síntesis se obtiene de glucosa; en el organismo la fuente más importante de glucosa es la proteína muscular (Trotier, 1997).

La grasa corporal contribuye a satisfacer otras demandas de energía del metabolismo de la cerda, por esto, en kilogramos totales o por el aporte de energía, la movilización de masas proteicas explica el 60% de la pérdida de peso de las cerdas durante la lactación (Dourmnad *et al.*, 1997).

Una cerda que pesa 160 kg al momento del parto requiere 54 g de lisina por día para mantener su propia masa de proteína corporal durante la lactancia. Una deficiencia de 0.4 kg de ingesta diaria (5.9 kg de alimento requerido por día) representa una pérdida total de 3.68 g de lisina, equivalente a 56.61 g de proteína; dado que el tejido magro contiene 23% de proteína, 239 g de tejido magro serán movilizados cada día. Esto significa una pérdida total de 5.16 kg de tejido magro equivalente a 14 kg de peso corporal (Trottier, 1997).

La habilidad para reconstruir la proteína durante la gestación no mejora en las cerdas con una movilización excesiva durante la lactación. Es recomendable evitar la gran pérdida de proteína en lactación y proporcionar los aminoácidos y proteína adecuada durante este periodo (Dourmand *et al.*, 1994).

Touchete *et al.*, (1997), menciona la importancia en los niveles de lisina digestible y de la adición o no de aminoácidos sintéticos, ya que encontró pérdidas de peso (kg), de área de ojo de la chuleta (cm²) y de grasa dorsal (cm) de -14.8 kg, -5.4, -1.42, para el 0.67% de lisina digestible en la dieta sin la adición de aminoácidos sintéticos, disminuyéndose estas pérdidas a -11.1, -0.92 para pérdida de peso y grasa dorsal, respectivamente, pero no para el área del ojo de la chuleta -5.5 para el 0.86% de lisina digestible con la adición de aminoácidos sintéticos. Estas pérdidas son menores cuando las dietas fueron formuladas para tener 1.06% de lisina digestible de -7.1, -3.77 y -3.34, para pérdida de peso, pérdida de área de ojo de la chuleta y pérdida de grasa dorsal, respectivamente.

Los aminoácidos libres en la sangre constituyen el mayor precursor de las proteínas de la leche, la disponibilidad de esos aminoácidos al sistema mamario crítico para optimizar la producción de leche. Aunque, otros factores tales como el flujo de sangre y la regulación del sistema de transporte puede influenciar esa disponibilidad de aminoácidos para las células de la glándula mamaria (Trottier *et al.*, 1997).

Los aminoácidos de cadena corta proveen una importante fuente de energía en la glándula mamaria y pueden tener varias vías: 1) Para la síntesis de leche; 2) Para la síntesis de enzimas y proteínas estructurales; 3) Provee energía por reacciones metabólicas generando CO₂ y 4) Pasando a leche ó a linfa como aminoácidos libres. Se menciona que la valina es absorbida en glándula mamaria y secretada en leche (Trottier *et al.*, 1995; Trottier *et al.*, 1997; Kerr, 1997; Touchette *et al.*, 1998). Por otro lado, el transporte de lisina es inhibido por altas concentraciones de arginina y leucina (Hurley *et al.*, 2000)

2.3. Composición corporal.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Para la evaluación de la composición corporal es necesario conocer como se distribuyen la conformación de los tejidos, principalmente tejido graso y tejido muscular en sus diferentes estados metabólicos, es decir, tanto en gestación como en lactación (Sinclair *et al.*, 2001; Kim y Easter, 2001), también hay que considerar como cambian esos tejidos conforme transcurra el tiempo (edad).

Durante el periodo de gestación, la ganancia de peso de la cerda se debe principalmente a la formación de los productos, al crecimiento uterino y al crecimiento de la glándula mamaria donde su mayor desarrollo ocurre durante el día 75 al día 90 de gestación (Kusina *et al.*, 1999). La ganancia total de peso en gestación es afectada por el número de parto. Las cerdas de parto 1 y 2 ganan 64% más peso que cerdas arriba de 3 partos (Cooper *et al.*, 2001). Así, se ha sugerido que la ganancia materna sea de cuando menos de 25 kg durante las dos o tres primeras gestaciones. Si la ganancia de los productos de la concepción es cercana a los 20 kg, entonces, un aumento total de 45 kg por gestación parece apropiado (Kusina *et al.*, 1999).

Por su parte, Dourmand (1991), trabajando con cerdas de un peso a la monta de 148.9 kg estimó una ganancia neta en gestación de 37.1 kg. Con una composición de 32.5 kg de grasa disectable y 79.5 kg de músculo disectable, para cerdas con consumos de 1.8 kg/d de alimento. Por otro lado Revell *et al* (1998), menciona que en cerdas primerizas de peso en promedio a la monta de 121.5 kg encontraron que la ganancia de tejido magro en lactación es de 16.4 kg, la ganancia de grasa es de 12.3 kg y la ganancia maternal de 30.2 kg

Las cerdas adultas (con tres o más partos) deberían estar ganando aproximadamente 30 Kg para mantener su integridad corporal. Lo anterior es una acumulación de aproximadamente 2.5 Kg de proteína y un mínimo de 0.5 Kg de grasa (Cuarón, 1999). Dourmand *et al* (1994), estimaron la ganancia de peso en

gestación en cerdas de 4to parto, donde encontraron que esta ganancia no esta influenciada por la pérdida de peso en la previa lactación estimándolo para cerdas de 6 y 12 lechones donde la pérdida en lactación había sido de -22.7 kg para las cerdas con 12 lechones. Sin embargo, las ganancias netas de peso en gestación fueron de 35.5 y 32.2 kg, para cerdas con 6 y 12 lechones respectivamente ($P > 0.10$).

Los tejidos proteicos y grasos juegan un papel determinante en el mantenimiento y la continuidad del estado fisiológico de la cerda, pero en el afán de protegerla de las posibles pérdidas de peso durante la lactación, también se corre el riesgo de rebasar (durante la gestación) los límites de la normalidad con secuelas negativas en la productividad (Noblet *et al.*, 1987).

La composición de la pérdida de peso durante lactación puede ser dependiente de la dieta consumida, así como, de la cantidad de alimento consumido durante gestación y lactación (Brendemuhl *et al.*, 1989).

Mullan y Williams (1990), encontraron que a un mayor consumo de alimento en gestación y un menor consumo de alimento en lactación hay una mayor pérdida de peso, que se refleja en una mayor pérdida de sus componentes químicos (lípidos, proteína, agua y cenizas), ya que a consumos de alimento en gestación y lactación (kg/d) de 2.5 y 3.4 las cerdas perdieron más peso siendo esta de 30.7 kg, que cerdas con consumos de alimento de 1.5 y 4.9 donde la pérdida de peso solamente fue de 3.6 kg. Sin embargo, la composición química en ambos casos es diferente, ya que las cerdas de mayor consumo en gestación pesaron más (170 kg) y por lo tanto su contenido de lípidos, proteína, agua y cenizas fue mayor (66.9, 20.1, 73.9 y 5.2 kg, respectivamente) a diferencia de las cerdas de menor consumo (37.5, 17.1, 62.5 y 4 kg, respectivamente), ya que su peso también fue menor (126 kg). Esto nos indica que la composición de química de la cerda va a

depender del peso de la cerda, el régimen alimenticio y el estado metabólico en que se encuentre.

Lo que concuerda con lo que se ha mencionado en párrafos descritos anteriormente que la sobrealimentación en gestación traerá problemas de falta de apetito en lactación, aumentando las pérdidas de peso (Brendemuhl *et al.*, 1989; Dourmand, *et al.*, 1990; Dourmand *et al.*, 1996; Dourmand *et al.*, 1998; Sinclair *et al.*, 2001).

2.4. Procesos hormonales que influyen sobre la reproducción y su relación con la condición corporal.

Los procesos hormonales en cerdas incluyen la síntesis proteína, degradación de ácidos grasos, síntesis de triglicéridos y su hidrólisis en tejido adiposo. En glándula mamaria síntesis de lactosa a través de glucosa, síntesis de proteína y grasa (McNamara y Boyd, 1999).

Los bajos consumos de alimento durante lactación, ocasionado por las diferentes causas anteriormente mencionadas, y además, por un excesivo consumo de energía durante la gestación ocasiona problemas de obesidad que se asocian con elevados niveles de insulina, trayendo como consecuencia una alteración en el metabolismo de glucosa, ocasionando resistencia a los efectos regulatorios de insulina por una reducción en el número de receptores de insulina (Matamoros *et al.*, 1991).

Esas alteraciones en el metabolismo afectan la interacción entre la insulina y el factor hipotalámico liberador de gonadotropinas que a su vez suprime los picos de liberación de la hormona luteinizante (LH) (Tokach *et al.*, 1992), incrementando el

intervalo destete a estro y la maduración de los folículos que ocasiona una disminución de la tasa ovulatoria (Amstrong y Benoti, 1996; Cuarón, 1999).

También hay una alteración en la secreción de somatotropina, IGF-I (factor de crecimiento parecido a insulina) e IGFBP (proteínas ligadoras del factor de crecimiento parecido a insulina). Estas alteraciones afectan la función ovárica, así como, su secreción autócrina, parácrina y mecanismos endocrinos, llevando esto a diferentes estados de foliculogénesis (Amstrong y Benoti, 1996).

Cox *et al.*, (1987) demostraron que inyecciones de insulina exógena pueden corregir los defectos del metabolismo y conducir a mayor prolificidad. La insulina y el IGF-I parecen ser los mediadores en la nutrición durante la lactación y el funcionamiento reproductivo subsecuente (Koketsu *et al.*, 1996).

La insulina puede promover la persistencia de folículos preovulatorios. Reduce atresia folicular y mantiene la proporción de folículos de tamaño medio (4 a 6 mm de diámetro) y además promueven la producción de IGF-I (Matamoros *et al.*, 1991).

Para tener un balance nutricional adecuado es necesario la ingestión de alimento para cada etapa productiva que cubra con los requerimientos de nutrimentos para las cerdas. Así la energía, proteína y lisina, tienen un efecto regulatorio sobre la secreción de LHRH (hormona liberadora de LH), también de metabolitos específicos como glucosa, ácidos grasos volátiles (AGV's) y ácidos grasos no esterificados, así como mediadores endocrinos del estado nutricional como son la Insulina, colecistocinina, neuropeptido y opioides (Keisler *et al.*, 1996). Kerr (1997) menciona que también la hormona de crecimiento, IGF-I y el nitrógeno alfa amino.

La restricción de proteína y energía durante la lactación tiende a reducir la concentración de LH en el plasma al momento del destete y después provoca un amplio pulso de LH, lo cual provoca anestro posdestete y es común en la primera camada ya que reciben bajos consumos de nutrimentos durante lactación (King y Martín, 1989; Quesnel *et al.*, 1997).

Foxcroft *et al.*, (1995), Quesnel y Prunier (1995), citados por Zak *et al.*, (1998), confirmaron que la falta de secreción pulsátil de LH es la primera causa de anestro y el tratamiento con GnRH durante la lactación resulta un desarrollo folicular y comportamiento de estro y ovulación. El catabolismo en lactación provoca efectos inhibidores en la función reproductiva y no es conocido que el anabolismo en gestación pueda aminorar los efectos (Zak *et al.*, 1998).

Un balance energético negativo durante la lactación se ve reflejado por una reducción en el grosor de la grasa dorsal y peso corporal, esto ha sido asociada con anestro, retraso en la presentación de estros (Reese *et al.*, 1982; King y Williams, 1984; King y Duunkin, 1986; King, 1987), baja sobrevivencia embrionaria (Hughes *et al.*, 1984), disminución en el tamaño de la camada en el parto subsecuente (Kirkwood *et al.*, 1988), reducción del número de partos al año y número de lechones destetados (Clowes *et al.*, 2003).

Existe una estrecha relación entre la pérdida acelerada de peso corporal durante la lactancia y una alta frecuencia de fallas reproductivas como son prolongación del intervalo destete-estro (Weldon *et al.*, 1994), falla de concepción y una baja tasa de fertilidad (Trottier, 1997); este efecto se hace más evidente en cerdas primerizas.

Las prácticas de restricción alimenticia (con objeto de evitar obesidad), no deben de interrumpir el crecimiento de masas musculares, permitiendo así el inicio de la

vida reproductiva de las cerdas jóvenes. Las pérdidas significativas de peso en lactaciones consecutivas reducirán su vida productiva (Juárez, 1999). Cozler *et al.*, (1997), mencionan que cerdas que conciben a los 5 días posdestete tienen camadas más grandes que cuando es a los 6 a 10 días debido a un menor desgaste de la cerda.

Las cerdas que tienen una mayor pérdida de peso y grasa corporal durante la lactancia, presentan un menor porcentaje de estros, un aumento en el intervalo destete estro (Reese *et al.*, 1982), una disminución de la tasa ovulatoria, en la sobrevivencia embrionaria (Hughes *et al.*, 1984) y en el número de lechones nacidos y destetados (Kirkwood *et al.*, 1988).

Las pérdidas excesivas de peso (incluyendo principalmente músculo y grasa), afectan la vida productiva de la cerda, aumentando el porcentaje de cerdas desechadas lo que obligará a aumentar las tazas de reemplazos y traerá un gasto extra que aumentará los costos de producción.

2.5. Métodos utilizados para estimar la composición corporal.

En la práctica y por simplicidad, para evaluar las consecuencias de la lactación, se ha recurrido a la estimación visual de la condición corporal de las cerdas (Juárez, 1999; Cuarón, 1999). Como todo método subjetivo, tiene un gran margen de error. Sin duda el método es valioso, pero dependerá de la habilidad y consistencia de quien lo mida, sobre todo de su capacidad y experiencia para asociar las formas (de las cerdas) con la subsecuente respuesta productiva (Cuarón, 1999).

Por su objetividad y relevancia, el registro y análisis del consumo voluntario de alimento y de los cambios de peso corporal, son criterios que deberán incluirse

rutinariamente (Juárez, 1999). Con la medición de la profundidad de la grasa dorsal y músculo dorsal, (por ultrasonografía) se ha ganado en precisión para estimar condición corporal. Sin embargo, en algunos casos esto no ha sido suficiente para explicar el comportamiento reproductivo subsecuente (Cuarón, 1999).

Con otros recursos como la medición ultrasonográfica de la profundidad del músculo o de la grasa, o el establecimiento de factores de camada, se busca facilitar el proceso, sin que hasta ahora, se haya llegado a un consenso del método que mejor sirva para identificar errores o para predecir y asegurar la productividad de las cerdas de pie de cría (Juárez, 1999).

La medición de la grasa dorsal puede ser un recurso para estimar los tejidos musculares y más que una medida, interesará el cambio durante la lactación. Es muy importante considerar que el tejido adiposo es muy lábil; durante la vida de la cerda, entonces podrá aumentar o disminuir en función de cambios en el balance energético. Caso contrario el del músculo esquelético que en animales adultos solo podrá crecer si los perfiles hormonales se alteran o hay una señal impuesta por el ejercicio. En términos reales, si una cerda pierde grasa durante el ciclo reproductivo, la podrá recuperar en la subsecuente gestación, pero si la pérdida es de músculo, es probable que esas formas no se recuperen y que los huesos se llenen con grasa (Cuarón, 1999). Así también lo mencionan Dourmand *et al.*, (1994), que la habilidad para reconstruir proteína durante gestación no mejora en cerdas con una gran movilización durante lactación y recomiendan evitar la gran pérdida de proteína en lactación.

Se han usado diferentes metodologías para estimar la composición corporal de las cerdas, principalmente mediciones directas en rastro y uso de equipos de ultrasonido tipo A. Se ha trabajado más con cerdas de primer parto, pero no ha

habido investigación con cerdas de diferentes partos o diferentes edades, tal vez por la gran variación que esto implica y el tamaño de muestra necesario podría ser arriba de 100 cerdas.

En las siguientes ecuaciones para cerdas en su primera lactación se predice la cantidad de lípidos y proteína. El contenido de lípidos (kg) y proteína (kg) relacionado con el peso vivo (PV, kg) y la profundidad de grasa dorsal medida con un ultrasonido Sonatest modelo TE6/G, a nivel de la última costilla en P2 (a 65 mm de la línea media).

Lípidos = $0.381 PV + 1.042 P2 - 31.099$. (R=0.95).

Proteína = $0.00 PV - 0.13 P2 + 4.46$. (R=0.67) (Mullan y Williams, 1990).

Recientemente Dourmand *et al.*, (1998), crearon una metodología para predecir la composición corporal a través resultados de disección.

Ecuaciones de predicción de la composición química corporal a partir de resultados de disección (n=23).

Lípidos = $5.11 + 1.26 \text{ grasa}$. (R² = 0.95).

Proteína = $3.37 - 0.092 \text{ grasa} + 0.313 \text{ magro}$. (R² = 0.87).

Ecuaciones de predicción de la composición química corporal a partir del peso vivo (PV) y de la grasa dorsal medida en P2 en mm, a nivel de la décima costilla.

Lípidos = $-26.4 + 0.221 PV + 1.331 P2$.

Proteína = $2.28 + 0.178 PV - 0.333 P2$ (Dourmand *et al.*, (1998).

Estos métodos de evaluación son muy interesantes, pero al aplicarlos en granjas, con distintos sistemas de producción a los Europeos, podríamos encontrar cierto grado de error. Además, menciona la estimación de proteína y lípidos, pero se debe considerar primeramente la cantidad de tejidos, principalmente tejido muscular, por que podría haber una relación con la ganancia de peso de la camada y los cambios en este tejido pueden indicar el comportamiento productivo.

III. HIPOTESIS

Las pérdidas de peso, particularmente las de tejido muscular, durante la lactación pueden afectar la productividad de las cerdas, por lo tanto, con su estimación, será posible predecir el comportamiento productivo subsiguiente.

IV. OBJETIVOS

- 4.1 Estimación de la pérdida de peso, en consecuencia de fallas en la alimentación de las cerdas, para encontrar su asociación con la productividad.**

- 4.2 Establecer una metodología, para estimar los cambios en la composición corporal que contribuyan a la explicación de fallas en la productividad de las cerdas.**

V. MATERIAL Y MÉTODOS.

El trabajo se realizó en granjas de diferente ubicación geográfica y se dividió en tres fases: 1. Descripción de la población, 2. Estudio de composición corporal, 3. Usando los datos de la fase 1 y la fase 2 se desarrollaron métodos de estimación de la productividad al siguiente parto.

FASE 1.

Animales. Se usaron datos de producción de un total de 620 cerdas de 4 granjas, Granja 1, Granja 2, Granja 3, Granja 4, con diferente tamaño de muestra para cada una (226, 77, 274 y 43 cerdas, respectivamente).

La granja 1 es una explotación comercial de 250 vientres ubicada en el Colorado, Municipio del Marques, Estado de Querétaro. La granja 2 es la del Centro Nacional de Investigación en Fisiología y Mejoramiento Animal (CENIFyMA) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicada en Km 1 de la carretera Ajuchitlán-Colón, Municipio de Colón, Estado de Querétaro y cuenta con 60 vientres, para esta granja se tomaron mediciones de 2 lactaciones. La granja 3 es una granja comercial de 2,500 vientres, ubicada en el Municipio de Pénjamo, Estado de Guanajuato. La Granja 4 es una granja comercial de 4,000 vientres y está ubicada en el Municipio de Tepalcingo, Estado de Morelos.

Las genéticas fueron diferentes en todas las granjas. En la Granja 1 fue un cruzamiento (Large White × Landrace) × Seghers. En la Granja 2 un cruzamiento alterno de las razas Landrace y Duroc. En las Granjas 3 y 4 fueron hembras Camborough-22 (PIC) × SEMENTALES de línea 300 (PIC).

Se crearon grupos de edad por números de parto de tal manera que edad 1 = cerdas de primer parto, edad 2 = cerdas de 2 y 3 parto, edad 5 = cerdas del 4 al 6 parto, y edad 7 = cerdas mayores a 7 partos.

Servicios y Gestación. La detección del celo se efectuó con la ayuda de un verraco, revisando a las cerdas en la mañana y en la tarde, registrando la receptividad al macho y el momento adecuado para dar el servicio. Los servicios fueron dados en su mayoría por el método de inseminación artificial y en algunos casos con monta natural, para la granja 2 todos los servicios fueron por monta natural. Las cerdas fueron alojadas en corraletas individuales, durante toda la gestación y se paseaba al macho celador para identificar si alguna de las cerdas volvía a entrar en celo, ya sea porque no hubiese quedado gestante, hubiese abortado o quizás hubiese tenido alguna reabsorción embrionaria.

El alimento de gestación se formuló para 2.9 Mcal de EM/kg, 0.5% de lisina digestible (digestibilidad ileal verdadera), calcio (Ca) 0.80% y fósforo (P) 0.70%. Este alimento se elaboró a base de sorgo-soya y se incluyó al salvado de maíz o salvado de trigo como fuente de fibra. La forma física del alimento fue en harina y la cantidad servida fue de 2 a 2.2 kg de alimento por día, hasta el día 109 de gestación que fue cuando se subieron a las jaulas individuales de las salas de maternidad.

Lactación. El alimento de lactación se formuló para 3.3 Mcal de EM/kg y 0.85% de lisina digestible (digestibilidad ileal verdadera), calcio (Ca) 0.80% y fósforo (P) 0.70%. La forma física del alimento fue en harina y se sirvió de comer al menos 3 veces al día siguiendo el consumo diario de alimento, ofreciéndose a razón de 2 kg por día a partir del momento que entraron a la sala de maternidad (5 días antes del parto) hasta el día del parto. La alimentación después del parto fue seguida a

detalle, de tal manera que el primer día posparto no se les dio de comer, al segundo día se les sirvieron 2 kg de alimento y a partir del tercer día del parto se incrementó paulatinamente la oferta de alimento de 0.3 a 0.5 kg/día hasta establecer bien su consumo voluntario (7 días). Se les servía alimento al menos 3 veces al día para estimular el consumo de alimento y evitar pérdidas excesivas de peso. Obviamente se tienen registrados los consumos de alimento por día y el acumulado durante toda la lactancia.

El manejo del cuidado de los lechones fue el que se lleva de rutina en cada granja y que también son muy similares. Como por ejemplo, se registró el peso al nacimiento, aplicación de hierro dextran a los 3 días de nacidos. En algunas granjas se descolaba y descolmillada y en otras no. Cada granja seguía sus programas de vacunación ya establecidos. La edad a destete fue la siguiente, en la Granja 1 y 2 se desteto a 21 días y en la Granja 3 a los 16 días, y en Granja 4 a los 18 días, registrándose el peso de los lechones.

Medidas de la composición corporal. Se hicieron mediciones de la composición corporal con un equipo de ultrasonido de tiempo real, marca Aloka modelo SSD-500 con transductor lineal de 3.5 MHz y 15 cm de longitud. Se midió la profundidad de grasa dorsal a la décima (GA) y a la última costilla (GU), antes y después del parto; profundidad del músculo largo dorsal a la décima (PMA) y a la última costilla (PMU) antes y después del parto. Estas mediciones se hicieron en el punto 2 (P_2), esto es a 6.5 cm de la línea.

De las mediciones ultrasonográficas de la profundidad de grasa y músculo dorsal se estimaron las siguientes variables: cambios de grasa (CGRAS), cambios de músculo (CMUSC), de proteína (CPROT), de lípidos (CLIP), y de megacalorías (CMCAL), mediante las ecuaciones de regresión publicadas por Dourmand *et al.*,

(1997), que se usaron para comparar la asociación de estas variables con la pérdida de peso y tejido magro en el periodo de lactancia

Medición del comportamiento productivo. Se capturaron y procesaron los datos de producción de la lactación en las 4 granjas. Estos datos se recopilaron en el periodo de junio de 2000 a agosto del 2002, y fueron: número de parto (NP), peso de la cerda antes del parto (PAP), lechones nacidos totales (LNT), peso de los lechones nacidos totales (PLNT), número de lechones en lactancia (LLAC), número de lechones destetados (LDES), peso de los lechones totales destetados (PLTD), peso de la cerda al destete (PD), días de lactancia (DLAC), intervalo destete estro (IDE), consumo total de alimento (CTA), número de lechones nacidos totales al parto subsecuente (LNTPS).

Así mismo, se crearon otras variables a partir de las que ya se tenían como son: el peso metabólico a la entrada y salida de la lactación (Peso^{0.75}), consumo diario de energía metabolizable (Mcal/día), consumo diario de lisina (g/día), energía metabolizable en leche, energía metabolizable de mantenimiento, requerimiento de energía en lactación y la diferencia entre el requerimiento de energía y la energía consumida (energía metabolizable, Mcal/día).

Las cerdas se pesaron a los 109 días de gestación y se pasaron a la sala de maternidad, el peso al parto fue difícil de registrarse ya que en las granjas comerciales no acostumbran a realizar este pesaje, debido a que les implica una maniobra más, pero también porque argumentan que las cerdas se "estresan y les ocasiona que la producción de leche disminuya", por lo tanto se tuvo que estimar mediante la siguiente ecuación de predicción:

Peso al parto = -5.39 + (0.975 * Peso de ingreso a maternidad) - (1.281 * Peso de los lechones nacidos totales) + (0.962 * Lechones nacidos totales) (Pérez *et al.*, 2002).

Análisis estadístico. Se hizo un análisis de varianza a través de los Modelos Lineales Generales (SAS, 1996) de los datos de producción recopilados para determinar la variación entre granjas y números de parto.

FASE 2.

Animales. Se trabajó con un total de 250 cerdas provenientes de la granja 3, estas fueron de diferentes pesos corporales (160 – 350, kg), número de parto (1 - 9), pérdidas de peso en lactación y diferente condición corporal. El trabajo se realizó en un rastro tipo inspección federal (TIF) ubicado en el Municipio de Pénjamo, Gto.

Mediciones de la composición corporal. En la granja, las cerdas se seleccionaron al azar de lotes que se habían designado para el abasto por las gerencias de producción. Se hicieron mediciones *in vivo* de estimadores de la composición corporal tales como: Profundidad de la grasa dorsal y del músculo *logisimuss dorsi*, ambos a 6.5 cm de la línea media (Punto 2, P₂), a la altura de la décima y última costillas con un equipo de ultrasonido en tiempo real (Aloka, modelo SSD-500), con transductor lineal de 3.5 MHz y 15 cm de longitud. Se usó aceite vegetal como interfase entre la piel del animal y el transductor. El peso de las cerdas se registró y se calificó la condición corporal en una escala del 1 al 5 (Patience y Thacker, 1989. citados por Trotter, 1997). En todos los casos se tuvo un ayuno no menor a 12, ni mayor a 20 h antes del sacrificio.

Mediciones en rastro. Las cerdas fueron sacrificadas humanitariamente. Se colectó el hígado y el unto que posteriormente fueron pesados, junto con la canal caliente con cabeza, la canal en frío con cabeza y sin cabeza. En la canal caliente se midió la profundidad de la grasa dorsal y del músculo largo dorsal en punto 2 utilizando un ultrasonido tipo A (ultra-FatOMeter) y directamente en la canal con regla en el mismo punto y también a nivel de la línea media a la altura de la décima y de la última costilla.

Las canales fueron seguidas al despiece, obteniendo así, el peso de 4 cortes primarios: lomo, cabeza del lomo, espaldilla y pierna, estos fueron sin hueso y grasa rasurada, de tal manera que fueron totalmente músculo.

De los cortes obtenidos, se tomó una muestra que fue congelada y molida para su análisis químico que incluyó humedad, materia seca, proteína, grasa y cenizas (A.O.A.C., 1990).

De la información compilada se calcularon:

1. Rendimiento en canal, (%) = $(\text{Peso de la canal caliente} \div \text{Peso vivo de la cerda}) \times 100$.

2. Merma de peso caliente a peso frío, (%) = $((\text{Peso de la canal caliente} - \text{Peso de la canal fría}) / \text{Peso de la canal caliente}) \times 100$.

3. Rendimiento en tejido muscular, (kg) = lomo + cabeza del lomo + espaldilla + pierna.

4. Componentes químicos anteriormente citados.

También se crearon grupos de edad como en la fase 1.

Análisis Estadístico. Se hicieron análisis de correlación (Pearson y Spearman) simple y análisis de regresión (en aproximaciones paso a paso) con la finalidad de identificar aquellas variables que mejor expliquen la relación entre la medición de la condición corporal (mediciones de profundidad de grasa dorsal y de músculo gran dorsal) y la cantidad de tejido muscular (la suma de los cortes primarios o de manera individual) y su composición química. Así como del peso

corporal, edad expresada como número de parto y demás variables de producción del parto inmediato anterior.

FASE 3.

Con los resultados de la fase 1 y 2, se estudió la relación entre los datos de producción y los datos de composición corporal, para el desarrollo de una metodología objetiva que nos permita predecir el comportamiento productivo al siguiente parto, específicamente el Intervalo Destete Estro y los Lechones Nacidos Totales al Siguiendo Parto.

Análisis Estadístico. Se hizo un análisis correlación (Pearson y Spearman) simple y análisis de regresión (en aproximaciones pasa a paso) lineal, cuadrática y cúbica, con la finalidad de identificar aquellas variables que mejor explicaran la variación en el intervalo destete-estro y el comportamiento productivo subsecuente. En esta FASE 3 se consideraron como variables de respuesta el Intervalo destete estro (IDE) y los lechones nacidos al siguiente parto (NTPS). Cada granja se trató independientemente y las bases de datos se asociaron al final.

VI. RESULTADOS

FASE 1

Comportamiento productivo. Las diferencias encontradas en cada granja (Cuadro 1), se deben principalmente a las diferentes técnicas de manejo de cada una de ellas, como por ejemplo la edad al destete y el número de parto.

Para el número de parto se encontró que en las granjas 1 y 4 tenían cerdas más viejas en base al promedio del número de parto (NP, 4.31 y 4.39, para granja 1 y 4 vs 4.05 y 4.07 para granja 2 y 3, respectivamente; $P < 0.001$) lo que va relacionado con un mayor peso (kg) de las cerdas (Peso al parto, 251.98 y 239.25, para granja 1 y 4, 234.32 y 235.55, para granja 2 y 3, respectivamente; $P < 0.001$).

Por edad se tiene que hay una respuesta lineal (Cuadro 3), es decir conforme aumenta el número de parto el peso se incrementa. $\text{Peso al parto} = 162.9987 + (\text{Edad} * 15.8320)$; R^2 0.54; $P < 0.001$.

En cuanto a *lechones nacidos totales* (Cuadro 1) no hubo ninguna diferencia significativa ($P > 0.47$), lo que indica que no hay una diferencia muy marcada para prolificidad entre genéticas como se esperaba. La diferencia entre granjas se vio en el peso promedio de los lechones nacidos (kg) donde fue menor para la granja 1 (1.40) y mayor para las granjas 2 y 3 (1.53 y 1.48, respectivamente) ($P < 0.001$). Por edad (Cuadro 3) los lechones son más pesados para edad 2 (1.55 kg) a diferencia de edad 1, 3 y 4 (1.44, 1.48 y 1.41, respectivamente) ($P < 0.02$).

Para los *lechones destetados* (Cuadro 1) el peso más bajo fue la granja 2 (7.93), que para las granjas 1, 3 y 4 (9.01, 8.88 y 8.09, respectivamente) ($P < 0.001$). Pero

los lechones más pesados al destete fueron los de la granja 2 (7.37 kg; $P < 0.001$), aunque tuvieron mayor días de lactancia (23.88), por lo que es interesante comparar las ganancias diarias de peso de la camada, donde resultó que en la granja 2 esa ganancia fue menor (1.68, kg/día), en comparación con las granjas 1, 3 y 4 (1.83, 1.97 y 1.93 kg/día, respectivamente), $P (< 0.001)$. Pero esta ganancia diaria de peso se ve afectada por los lechones destetados, por lo que, lo más adecuado es analizar las ganancias diarias de peso por lechón donde los que tuvieron una mayor ganancia fueron los de las granjas 3 y 4 (0.217 y 0.239 kg/día), a diferencia de la granja 1 que tuvieron las ganancias más bajas (0.196 kg/día). Por edad (Cuadro 3), no hubo diferencia significativa para lechones destetados, ganancia diaria de peso de la camada y ganancia diaria de peso por lechón ($P > 0.11$ 0.08 y 0.11, respectivamente), pero si para la ganancia de peso promedio por lechón siendo menor para la edad 1 (3.97 kg) y similares para la edad 2, 5 y 8 (4.62, 4.47 y 4.84 kg, respectivamente).

La *pérdida de peso* es afectada por los días de duración de lactación, es por eso que en este caso se le dará mayor importancia a la pérdida diaria de peso promedio durante la lactación (kg/día) (Cuadro 2), donde nos muestra que las cerdas de la granja 3 y 4 tuvieron una menor pérdida (0.390 y 0.110, respectivamente) a diferencia de granjas 1 y 2 (0.710 y 0.700, respectivamente) ($P < 0.001$). Estas diferencias dependen del consumo diario de alimento durante lactación, como es el caso de la granja 4 que perdieron menos peso debido a que consumieron más alimento (6.81 kg/día), que cerdas de la granja 1, 2 y 3 (4.46, 5.26 y 5.58, kg/día, respectivamente), pero también se debió a que las cerdas de la granja 4 destetaron menos lechones, por lo que la demanda de leche así como su producción fue menor. Por edad no hubo diferencia significativa para el consumo de alimento (Cuadro 3), ni para la pérdida de peso (Cuadro 4) ($P > 0.065$ y 0.88, respectivamente)

Medición de la condición corporal. En el cuadro 2 se observa que las cerdas de la granja 2 y 4 tuvieron mayor cantidad de grasa dorsal (mm), al día 109 de gestación y esas diferencias persistieron hasta el destete. Esto indica que no hay diferencias significativas ($P>0.42$) en la pérdida de grasa dorsal durante la lactación. Para la profundidad promedio de músculo dorsal (mm) fue mayor para la granja 2 y 3 (54.81 y 57.36, respectivamente) que para las cerdas de las granjas 2 y 3 (51.33 y 50.69, respectivamente) ($P<0.001$), igual que grasa dorsal esas diferencias se mantuvieron hasta el destete por lo que tampoco hubo diferencia significativas en la pérdida promedio de músculo en lactación ($P>0.28$). Se observa que las pérdidas de grasa y músculo no fueron paralelas a la pérdida de peso, pero en un análisis de correlación para condición y pérdida de peso se encontró que para la pérdida de grasa el coeficiente fue de 0.196 ($P<0.001$) y para la pérdida de músculo fue de 0.188 ($P<0.001$), por lo que se puede decir que si hay una relación.

Por edad no hubo diferencia de la grasa dorsal ni de la profundidad de músculo ($P>0.56$ y 0.66 , respectivamente).

Comportamiento reproductivo al siguiente parto. Para el intervalo destete estro (IDE) (días) y los lechones nacidos al siguiente parto (NTPS) (Cuadro 2) no hubo diferencias significativas por granja ($P>0.50$ y $P>0.07$, respectivamente). Para la granja 4 no fue posible obtener estos datos, por lo que no fue posible su análisis.

Por edad, si hubo diferencia significativa para IDE ($P<0.01$), y tuvo un efecto lineal (edad 1, 2, 5 y 8 tuvieron 10.6, 7.09, 7.00 y 6.98, días respectivamente) de tal forma que las cerdas entre más jóvenes sean tardarán más días en presentar celo. A manera más detallada se obtuvo la siguiente ecuación de regresión: IDE =

10.0295 - (Edad*0.5007): R2 0.02; P<0.01. Para NTPS por edad no se encontraron diferencias (P>0.73).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

FASE 2

Como no había diferencias significativas en las mediciones de la composición corporal como se menciona en la Fase 1, se decidió trabajar con la granja de mayor inventario de animales ya que por la cercanía y las facilidades otorgadas por la empresa y el rastro Tipo Inspección Federal (TIF) el trabajo fue llevado a cabo como se había planeado.

DESCRIPCIÓN DE LAS MEDICIONES.

Peso de las cerdas. Los pesos de las cerdas (Cuadro 5) tienen la misma tendencia que la mostrada en la Fase 1, es decir a mayor Edad las cerdas pesan más, 199.80, 212.36, 231.24 y 228.81 kg, para Edad 1, 2, 5 y 8, respectivamente ($P < 0.001$). Por lo tanto también el peso de la canal es mayor, 158.94, 167.52, 183.65 y 177.51 kg, para edad 1, 2, 5 y 8, respectivamente ($P < 0.001$).

El rendimiento de la canal como porcentaje del peso vivo se reduce disminuye conforme van aumentando de peso y se van haciendo viejas siendo de 79.55, 78.81, 79.42 y 77.54 (%), para edad 1, 2, 5 y 8 respectivamente ($P < 0.001$). Esto se puede determinar como $Y = 79.8453 - (Edad \times 0.28)$, lo cual suena razonable ya que las cerdas aumentan otros tejidos tales como el crecimiento en su sistema digestivo, sistema óseo y piel (Dourmand *et al.*, 1994). Así, cerdas primerizas tuvieron un rendimiento del 79.65% y cerdas al 9° parto, del 77.65%. Esto es relevante porque indica un cambio en la proporción del peso de la masa visceral.

El peso del unto (kg) fue mayor para la Edad 3 (2.75) que para las Edades 1, 2 y 3 de 2.11, 2.23 y 2.25 kg, ($P < 0.001$), respectivamente. El hígado aumentó

conforme aumentó la edad de la cerda, 2.80, 3.05, 3.22 y 3.47 (kg) para edad 1, 2, 3 y 4, respectivamente ($P < 0.001$).

Composición corporal. Las cerdas con mayor espesor de la grasa dorsal (Cuadro 5) fueron las de la edad 3 y 4 comparación de las edades 1 y 2, con 2.82 y 2.72, 2.42 y 2.38, respectivamente ($P < 0.001$). La **grasa dorsal** (última costilla, en P_2) se incrementa muy ligeramente con la edad: $Y = 2.25 \text{ cm} + (0.0379 \times \text{Edad})$ ($P < 0.05$).

Interesantemente, la **profundidad del músculo gran dorsal** no cambia (o se reduce) con la edad ($P > 0.97$): $Y = 5.264 \text{ cm} - (0.000571 \times \text{NP})$ (Cuadro 7 y Gráfica 1).

Cortes magros. Para lomo, espaldilla y pierna no hubo diferencia significativa respecto al grupo de edad ($P > 0.31, 0.14$ y 0.16 , respectivamente), caso contrario a la cabeza del lomo donde si fueron diferentes siendo menor para cerdas de edad 1 (5.83 kg) y mayor para las edades 2, 3 y 4 (6.42, 7.20 y 6.69 kg, respectivamente) (Cuadro 5). Para la suma de los cortes magros también hubo diferencia estadística ($P < 0.04$), siendo menor para edad 1 y 2 y mayor para edad 3 y 4 de 59.13, 59.31, 65.11 y 61.95, respectivamente. Se expresa como: $Y = 57.849 \text{ kg} + (0.8157 \times \text{edad})$, $P < 0.02$. En cambio, el **porcentaje en la canal** de los mismos cortes se reduce ($P < 0.001$): $Y = 30.6117\% - (0.6109 \times \text{edad})$ (Cuadro 8 y Gráfica 2). En todos los casos, las r^2 fueron muy bajas, $P < 0.23$, lo que indica una enorme variación.

Análisis químico. Para estos análisis (Cuadro 6) el tamaño de la muestra fue muy bajo por lo que no se encontraron diferencias significativas para el músculo

gran dorsal ni para la pierna ($P > 0.44$ y 0.07 , respectivamente) y solo se usará como referencia.

TÉCNICAS DE MEDICIÓN DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL.

En el Cuadro 9, se observan los coeficientes de correlación de Pearsons entre los diferentes métodos de medición (medición directa en la canal, ultrasonido tipo A y ultrasonido de tiempo real) y diferentes sitios para medir la profundidad de grasa dorsal y del músculo gran dorsal (en décima y última costilla, en línea media y en P_2), así como de la evaluación subjetiva de la condición corporal.

Los coeficientes de correlación encontrados para mediciones de la condición corporal en el mismo punto fueron para la profundidad de la grasa dorsal a nivel de la décima costilla siendo el coeficiente mayor para la medición con el ultrasonido de tiempo real (0.87 , $P < 0.0001$), en comparación con el ultrasonido tipo A que fue de 0.61 ($P < 0.001$) y para la evaluación visual fue de 0.66 ($P < 0.001$). La asociación o correlación para la profundidad del músculo dorsal a nivel de la décima costilla también fue mayor para la medición con el ultrasonido de tiempo real siendo de 0.84 ($P < 0.0001$), a diferencia de la medición con el equipo de tipo A siendo de 0.03 ($P > 0.24$) y para la evaluación visual de 0.42 ($P < 0.001$). En general los coeficientes de correlación respecto a las mediciones directas de la canal son mayores con el equipo de tiempo real que con los otros métodos de evaluación.

ECUACIONES DE PREDICCIÓN.

Conocida la asociación entre las variables y su comportamiento, se calcularon las ecuaciones para la predicción de los cambios en composición corporal a través de análisis de regresión paso a paso. Invariablemente, el peso de la cerda, su edad

(NP), el tamaño de la camada y las mediciones (directas o con el ultrasonido en tiempo real) fueron los mejores elementos de predicción. Entre otras, el cálculo de los cortes magros, se tienen 2 ecuaciones preferibles, una usando el peso vivo y otra con el peso de la canal caliente (Cuadro 5) y se expresan como.

Cortes magros, kg (usando el peso vivo) = 21.03 + (0.189×PV) – (0.558×EDAD) – (0.454×TC) – (1.717×GUC) + (1.699×PMUC).

Cortes magros, kg (usando el peso en canal) = 20.13 + (0.258×PC) – (0.408 × EDAD) – (0.420×TC) – (2.651×GUC) + (1.551×PMUC).

Donde: PV = Peso vivo (kg); PC = Peso de la canal caliente (kg); EDAD = número de parto; TC = Tamaño de la camada (No. de lechones); GUC = grasa dorsal, última costilla, P₂ (cm); PMUC = profundidad del músculo, última costilla, P₂ (cm).

FASE 3.

Las variables que mejor estimaron el número de lechones nacidos totales al siguiente parto (NLTPS) y el intervalo destete estro (IDE) fueron, la edad expresada por número de parto, consumo diario de alimento (CDA), pérdida de peso en lactación (PERPELAC), pérdida de grasa en lactación (PEGRALA), pérdida de músculo en lactación (PEMUSLA) y pérdida de tejido magro (PERDMAG),

Se obtuvieron 2 técnicas por dos métodos de análisis.

Por Stepwise:

$$\text{NLTPS} = 11.1514 + (\text{EDAD} \cdot 0.1863) - (\text{CDA} \cdot 0.3266) + (\text{PERDMAG} \cdot 0.1657).$$

$$R^2=0.039; P<0.04.$$

$$\text{IDE} = 16.8865 - (\text{PPARPRED} \cdot 0.0199) - (\text{CDA} \cdot 0.7454) - (\text{PEGRALA} \cdot 0.3459)$$

$$R^2=0.052; P<0.001.$$

Por Regresión Múltiple.

$$\text{NLTPS} = 11.4388 + (\text{EDAD} \cdot 0.1908) - (\text{CDA} \cdot 0.3763) - (\text{PERPELAC} \cdot 0.1181) + (\text{PEGRALA} \cdot 0.1656) - (\text{PEMUSLA} \cdot 0.1177) + (\text{PERDMAG} \cdot 0.8086).$$

$$R^2=0.065; P<0.015.$$

$$\text{IDE} = 14.4698 - (\text{EDAD} \cdot 0.5003) - (\text{CDA} \cdot 0.7347) + (\text{PERPELAC} \cdot 0.2753) + (\text{PEMUSLA} \cdot 0.2314) - (\text{PERDMAG} \cdot 1.3653).$$

$$R^2=0.061; P<0.002.$$

La pérdida de tejido magro fue calculada a partir de las ecuaciones obtenidas en el primer experimento donde se predice la cantidad de tejido magro.

Como se puede observar los coeficientes de regresión son muy bajos (< 0.065), esto se debe a la gran variación encontrada como se muestra en la Fase 1. Dentro de las diferencias más marcadas fueron el consumo de alimento, lechones durante la lactación, ganancia diaria de peso de la camada, estos son las variables que hacen que las diferencias de las variables dependientes de estas sean mayores o menores.

Las variables usadas en las ecuaciones fueron las que mejor se asociaron entre sí, por lo mismo dieron el valor más alto en los coeficientes de regresión.

Como los coeficientes de regresión fueron muy bajos y debido a la variación, se calcularon ecuaciones para predecir el número de lechones nacidos totales al siguiente parto (NLTPS), así como el intervalo destete estro (IDE), por grupo de edad. Se calcularon las ecuaciones por regresión múltiple por las variables que entraron en el primer análisis y por Stepwise con las variables de mayor asociación (Cuadro 12 y 13). Aunque los resultados de la Fase 1, no mostraron diferencias para todas las variables, solamente para peso promedio de los lechones al parto y la pérdida de peso en lactación.

Para NLTPS el coeficiente de regresión para edad 1 mejoró (R^2 0.11), pero para los otros empeoró, aunque en todos fue significativo ($P < 0.05$), excepto para edad 5 ($P > 0.06$), pero no hubo una variable que ingresara constantemente en las ecuaciones. Sin embargo, por el método por regresión múltiple los resultados no fueron significativos siendo estos los siguientes, edad 1 $P > 0.48$, edad 3 $P > 0.29$, edad 5 $P > 0.51$, edad 7 $P > 0.28$.

Para IDE los coeficientes de regresión si mejoraron para las edades 1, 3 y 7 (R^2 0.22, 0.11 y 0.16, para edad 1, 3 y 7, respectivamente, aunque para la edad 3 no fue significativo ($P>0.37$) pero si para edad 1 y 7 ($P<0.01$). Por el método de regresión múltiple, los resultados no fueron significativos ($P>0.45$).

De las ecuaciones obtenidas se hizo un análisis de correlación, para determinar la relación que hay entre la variable observadas y las variables calculadas (Cuadro 14 y 15). Los métodos por regresión múltiple mostraron una mayor asociación tanto para NTPS (0.2559), como para IDE (0.2472), por lo que el mejor método de estimar la respuesta productiva al siguiente parto es por el obtenido con regresión múltiple.

VII. DISCUSIÓN

Las granjas evaluadas en el presente trabajo bien pueden ser una muestra representativa de las granjas estándar en México, ya que son de diferente ubicación geográfica en la zona centro. En estas granjas encontramos diferentes sistemas de producción, diferentes técnicas de manejo, diferentes genéticas, pero esquemas muy similares de alimentación y nutrición. Por lo que este trabajo puede servir como referencia para la consulta y evaluación de las granjas porcinas.

Para el caso de composición corporal, se tomaron cerdas de una sola granja, esto por las facilidades otorgadas por la empresa, de transportar las cerdas hasta el rastro TIF y por el alto número de vientres que tenían, el cual permitió alcanzar el número de muestra suficiente para poder realizar este trabajo.

Comportamiento productivo y reproductivo.

La estimación del peso al parto fue necesaria debido a que en las granjas comerciales evaluadas no se permitió el pesaje después del parto, porque les implica un manejo adicional y creen que por el estrés que les ocasione dicho pesaje las cerdas pueden tener problemas de agalactia lo que les afectaría en el comportamiento productivo de la camada. Pero por la experiencia obtenida cuando las cerdas se bajan de sus jaulas para ser pesadas y se manejan con cuidado las cerdas no presentan ningún problema (Pérez *et al.*, 2002; Cuarón y Pérez, 2003). Su estimación nos permite no considerar el tamaño de la camada, líquidos uterinos, placenta, glándula mamaria y posiblemente el tamaño del útero, estos dependen del número de lechones nacidos (Speer, 1990; Dourmand *et al.*, 1996; Kusina *et al.*, 1999a; Kusina *et al.*, 1999b).

Las diferencias encontradas en el peso promedio al parto coinciden con las cerdas de mayor edad (granja 1 y 4), lo que refleja que el peso de la cerda va aumentando de manera lineal conforme esta va siendo más vieja (r^2 0.54), este coeficiente de determinación sería mayor si no se tuvieran grupos de edad. El peso de las cerdas sigue aumentando conforme aumenta la edad, Pérez (1998) menciona que las cerdas dejan de crecer al 4 ó 5 parto pero en los grupos de edad no se vio así. Sin embargo, llega un momento en el que el aumento en peso cese y que por lo contrario este disminuya por el desgaste metabólico ocurrido en cada lactación, pero en este caso no se observó y posiblemente se observe en cerdas arriba de 10 partos. No se tuvo un gran número de cerdas arriba de 10 partos debido a que solo existe de un 5 a 10% de la población (Boyd y Touchete, 1997; Juárez *et al.*, 1999; Aumaitre *et al.*, 2000) de cerdas de esta edad, ya que por muchas causas de desecho la mayoría de cerdas son reemplazadas disminuyendo la longevidad de la cerda (Schultz *et al.*, 2001).

En este trabajo la edad de las cerdas está medida en función del número de parto que es lo que más se asemeja a la edad real de la cerda, aunque lo más conveniente sería medir la edad de las cerdas por los años que tengan. La edad de la cerda medida en función del número de parto puede ser muy relativa porque en primera se debe de considerar la edad al primer servicio y en segundo la fertilidad de las cerdas, ya que si tenemos un alto índice de cerdas repetidoras, ya sea por que no quedo fecundada, haya tenido reabsorción o haya abortado, la edad por número de parto ya no sería la real si se considera que esta por definición es el tiempo que tiene un ser vivo desde que nace hasta el día que vive y este es medido en días, meses y años, no por eventos con es el caso del número de parto, pero es lo más real que tenemos. Es claro que conforme aumenta la edad de la cerda esta aumenta también en peso y hasta puede ser calculada por la ecuación obtenida en este trabajo.

No se encontraron diferencias en el número de lechones nacidos totales, por lo que para esta variable no fue influenciada por la genética de las cerdas. Numéricamente parece ser que en la granja 4 los lechones nacidos fueron menos, pero estadísticamente no hay diferencias, esto posiblemente se deba a las pocas observaciones analizadas. Por edad tampoco se encontraron diferencias, aunque numéricamente estos fueron menores para el parto 1, Boyd y Touchete (1997) mencionan que cerdas jóvenes tienen menos lechones nacidos que las cerdas adultas.

Las diferencias de los pesos al nacimiento si pudieron ser afectadas por la raza del padre, ya que en la granja 2 los lechones resultaron más pesados y es que son hijos de duroc y normalmente los cerdos de esta raza son más pesados al nacimiento (López-Serrano *et al.*, 2000), aunque también pueden ser afectados por la alimentación antes del parto, debido a que en el último tercio de la gestación el crecimiento fetal es más acelerado (Trottier, 1997), aunque la alimentación en el último tercio de la gestación no fue alterada y al momento de subir a las maternidades no se incrementó el alimento servido para ninguna granja.

Por edad, el mayor peso de los lechones fue para las cerdas de la edad 2, lo que es lógico porque aquellas cerdas que no fueron buenas productoras se desecharon y por selección natural solamente se quedaron aquellas cerdas que mostraron buen comportamiento en el primer parto y es por eso que el rebote al segundo parto como ocurre en la mayoría de las granjas (Juárez *et al.*, 1997) no se vio tan marcado. Los lechones más ligeros fueron para cerdas más viejas que es lo que normalmente se encuentra en las granjas que estas cerdas tienen más lechones pero con menor peso (Pérez *et al.*, 2002) aunque en este trabajo no se encontraron diferencias estadísticas por edad para lechones nacidos pero si numéricas y son mayores para cerdas viejas.

En cuanto a los lechones destetados existen varias causas que pudieron influir en las diferencias encontradas y a continuación se describen: 1. El reacomodo de camadas que es común que se lleve a cabo en las granjas comerciales; 2. La mortalidad durante la lactación ya sea por problemas de manejo o problemas infecciosos. En los primeros, influyen factores como son la fuente de calor en lechoneras o no, para este trabajo todas las granjas contaban con lechoneras, el entrenamiento de los lechones a refugiarse en las mismas para evitar que su fuente de calor sea la ubre de la madre y evitar las probabilidades de que mueran aplastados (Aumaitre *et al.*, 2000; Aherne *et al.*, 1999). Por problemas infecciosos los más comunes son el nacimiento de lechones débiles por presencia de parvovirus o del síndrome respiratorio y reproductivo porcino (PRRS), o simplemente por síndrome metritis mastitis agalactia (Benfield *et al.*, 1999; Klopfenstein *et al.*, 1999).

La ganancia de peso de la camada y el peso promedio de los lechones al destete depende del tamaño de la misma y la duración de la lactación que en ambos casos fueron diferentes para todas. Para hacer la comparación de cual es mejor se tomará en cuenta la ganancia diaria de peso por lechón que fue mayor para la granja 3 y 4 (0.217 y 0.239, kg/d). Estos resultados coinciden con el mayor consumo de alimento (5.58 y 6.81, kg/d), parece ser que las cerdas de la granja 3 tuvieron mayor capacidad de transformación de alimento a leche, ya que el consumo diario de alimento fue mayor para la granja 4 y la ganancia diaria de peso por lechón son iguales. Sin embargo, estas diferencias pudieron ser alteradas por el desperdicio de alimento de las cerdas, el ofrecimiento de alimentos preiniciadores durante la lactación con el fin de que aprendan a consumir alimento sólido desde esta etapa para que al destete no resientan el cambio de una dieta líquida a una sólida, otra causa pudo ser el flujo de agua o la temperatura del agua que pudieran afectar el consumo de agua, pero si hubiera

sido esta última el consumo de alimento no sería tan alto. Las ganancias menores fueron para las cerdas que consumieron menos alimento.

La edad de las cerdas si influye sobre la ganancia de peso de los lechones, siendo mayor para cerdas de la edad 8 y menor para la edad 1, pero esta no depende del consumo de alimento ya que no se encontraron diferencias lo que nos dice que cerdas adultas tienen mayor habilidad de producir leche, por lo que aunque tuvieron lechones más ligeros estos igualaron el peso al destete de los otros lechones. En la mayoría de los trabajos realizados como por ejemplo de O'Grady *et al* (1985), Weldon *et al* (1994), Koketsu *et al* (1996), Zak *et al* (1998), Kim y Easter (2001) mencionan que a un mayor consumo de alimento de la cerda durante la lactación habrá mayor producción de leche, que se verá reflejado en la ganancia de peso de la camada. Clowes *et al.*, (2003) mencionan que por excesivas pérdidas de peso en lactación ocasionadas por bajos consumos de alimento, la concentración de proteína en la leche también disminuye. Por su parte Kim *et al.*, (2001a) mencionan que el tamaño de la camada influye en la movilización de aminoácidos de lo tejidos corporales secretados por la glándula mamaria siendo de 2.65 g de lisina/21 d por cada cerdo que incrementa en la camada, o bien para la producción de leche se necesita 49.9 g de lisina/21 d por cada cerdo que aumenta en la camada.

La pérdida de peso de las cerdas fue mayor para las granjas 1 y 2, y menor para las granjas 3 y 4, estas pérdidas de peso se ven afectadas por los consumos de alimento durante la lactación ya que a bajos consumos hay una mayor pérdida de peso (O'Grady *et al.*,1985; Wittemore, 1996; Prunier *et al.*, 2001; Mejía *et al.*, 2002), debido a que los nutrimentos no cubiertos por el alimento para la producción de leche son cubiertos por los tejidos corporales principalmente músculo. (Dourmand *et al.*, 1994; Kim y Easter, 2001) Posiblemente mención de las ecuaciones y comparación de tejido magro).

No se detectaron diferencias en la pérdida de grasa dorsal o pérdida del músculo gran dorsal. Sin embargo, al utilizar la metodología generada en la fase 4 para estimar la pérdida de tejido magro, encontramos que la pérdida fue mayor para las granjas 1 y 2 de 2.91 y 3.09 kg, a diferencia de las granjas 3 y 4 que fue de 1.11 y 0.67 kg, por lo que estos datos concuerdan con los consumos de alimento, las pérdidas de peso y las ganancias de peso de la camada. Por edad no se encontraron diferencias para la pérdida de peso ni para grasa dorsal ni músculo gran dorsal, así como tampoco para la pérdida de tejido magro.

La diferencia de la grasa dorsal entre granjas se debe principalmente a las diferentes líneas genéticas, ya que obviamente las cerdas de la granja 2 que son de raza Landrace×Duroc tuvieron un mayor espesor de grasa dorsal (23.88, mm), pero una menor profundidad del músculo dorsal. Revell *et al* (1998) divide dos grupos de cerdas como obesas y magras donde al primer parto tienen 24.3 mm y 17.9 mm, respectivamente, que son muy similares para las mediciones encontradas ya que son de 16.14, 22.02, 16.50 y 23.50 mm para granja 1, 2, 3 y 4, respectivamente, para las granjas 1 y 3 son cerdas de líneas comerciales por lo que estas tienen menos grasa dorsal, las de la granja 4 también aunque tienen más grasa dorsal, para la granja 2 el espesor de grasa dorsal parece razonable para esta raza según datos de Eissen *et al* (2003).

Respecto a la edad las mediciones por ultrasonido y las mediciones directas en la canal muestran el mismo comportamiento de aumentarse muy ligeramente con la edad, caso contrario a la profundidad del músculo donde no se observa cambios, aunque tiene una tendencia de disminuirse muy ligeramente con la edad debido posiblemente al desgaste que ocurre a través de cada parto y ya no se logra recuperar.

Las pérdidas de grasa dorsal y músculo dorsal no se vieron reflejadas linealmente con la pérdida de peso *i.e.* que a mayor pérdida de peso mayor pérdida de grasa y músculo dorsal, por lo que quizá estas mediciones no determinen la pérdida en condición para lo que puede tener mayor valor la pérdida de peso.

Para el intervalo destete estro no se encontraron diferencias significativas por granja, lo que se esperaba es que las cerdas de las granjas que perdieran más peso o más tejido muscular tardarán más días a la presentación del mismo, así como lo indican Koketsu *et al.*, (1996), King y Martín (1989), Zak *et al* (1998), que a mayor pérdida de peso provocada por menores consumos de alimento tardan más días al retornar al estro, esto debido a que se ha encontrado una disminución en los pulsos de LH o a un alto porcentaje de folículos < 4 mm (Clowes *et al.*, 2003). Sin embargo, por edad si se encontraron diferencias, siendo mayor para cerdas de edad 1 y menor para cerdas de edad 2,5 y 8, estos datos concuerdan con los de Boyd y Touchete (1997), ya que las cerdas de primer parto aun no han madurado completamente o posiblemente se deba a la mayor pérdida de peso en durante la lactación aunque por edad no se encontraron diferencias en las pérdidas de peso.

Para los lechones nacidos al siguiente parto no se encontraron diferencias significativas tanto para granja ni para edad. Los datos para el intervalo destete estro y los lechones nacidos al siguiente parto no se pudieron obtener para la granja 4 lo que posiblemente este influyendo sobre los resultados encontrados. Sinclair *et al.*, (2001) encontraron que a mayor pérdida de peso en la lactación inmediata anterior, las cerdas parieron menos cerdos esto debido a que por el desgaste metabólico haya intervenido en las secreción de FSH y una disminución en los pulsos de LH y por consecuencia un menor desarrollo de folículos y una menor liberación de óvulos, por lo que afectaría el número de lechones al siguiente parto (Matamoras *et al.*, 1991; Armstrong y Benoti, 1996; Duane *et al.*,

1996; Withemore, 1996; Prunier y Quesnel, 2000), caso contrario al de Aumaitre *et al* (2000) donde el consumo promedio de alimento en lactación de 4 y 6 kg/d no afectó la tasa ovulatoria ni el intervalo destete estro.

Composición corporal

Al igual que en la fase 1, se ve claro que los pesos de las cerdas aumentan conforme la edad es mayor, por lo tanto el peso de la canal se va a incrementar. Los kilogramos de tejido magro también aumentan con la edad, caso contrario a los cortes magros expresados como porcentaje, ya que estos se reducen a través de la edad como se muestra en la Gráfica 2.

Según los datos, el tejido muscular o tejido magro se va a depositar de manera lineal conforme aumente el peso de la cerda, cabe señalar que este normalmente no aumenta de manera considerable, ya que no se dan las condiciones para que este se siga depositando, de hecho el músculo perdido durante las lactaciones ya no se recupera y en su lugar se deposita tejido graso, que es muy lábil y fácil de depositarse (Juárez *et al.*, 1999). Los tejidos que hacen que se incremente el peso en mayor proporción son el tejido óseo, piel y sistema digestivo, es por eso que se observa que a mayor edad el rendimiento de la canal es menor (Dourmand *et al.*, 1997).

En las mediciones de condición corporal de las cerdas estimada a través de las mediciones de la grasa dorsal y la profundidad de músculo largo dorsal se observa que para grasa dorsal, a mayor edad esta es aumenta pero para la profundidad de músculo no cambia o tiende a reducirse debido a que como se mencionaba en el párrafo anterior ya no existen los factores para su deposición pero si para su degradación en cada lactación.

El hígado aumentó conforme aumentó la edad de la cerda, por lo que no se define bien si es afectado por la condición de la cerda, en ese caso hubiera seguido la misma tendencia del unto, que en la edad 8 disminuyera. Sin embargo, es bien marcado que cuando faltan nutrimentos estos son cubiertos primeramente por el glucógeno hepático habiendo una disminución de este órgano o cuando hay una adecuada alimentación este tiende a acumularse, debido hay una constante movilización ó deposición de glucógeno (Clowes *et al.*, 2003).

Clowes *et al.*, (2003b) reportan que a pérdidas de peso de 0.89, 1.45 y 1.57 kg/día consideradas como pérdidas bajas, moderadas y altas, respectivamente, el peso del hígado va disminuyendo conforme la pérdida va aumentando siendo este de 2.83, 2.72 y 2.31 kg así mismo la proteína del mismo hígado de 588, 533 y 428 g..

Respecto a las diferencias encontradas para cortes magros, éstas solamente fueron para la cabeza del lomo el cual fue menor para la edad 1. Esta diferencia posiblemente se debió a que esas cerdas tuvieran una mayor pérdida de peso en la lactación inmediata anterior.

La suma de los cortes magros fueron mayor para edad 3 y 4, lo que tal vez estuvo determinada por que estas edades las cerdas fueron más pesadas. Caso contrario al porcentaje en la canal de los mismos cortes se reduce, ya que hay un crecimiento en otros tejidos pero los cortes magros no aumentan de tamaño.

Para los análisis químicos de tejido muscular, las muestras obtenidas no fueron suficientes para determinar el cambio a través de la edad, pero los datos de agua, y proteína cruda en base seca del músculo gran dorsal son muy similares a los obtenidos por Brendemuhl *et al.*, (1989), siendo estos de 73.77% y 82.80%, respectivamente.

Técnicas de medición de la composición corporal.

Normalmente el personal de las granjas tecnificadas tiende a medir los espesores de grasa dorsal al subir a maternidad y al destete, con ello calculan las pérdidas de grasa dorsal y diseñan sus programas de alimentación. Es importante señalar que al usar equipos de ultrasonidos de cualquier tipo deberán primero ser validados con las mediciones directas de la canal o al menos con equipos de ultrasonido más precisos como son los de tiempo real. Desafortunadamente no se encontró información acerca de ultrasonidos validados para cerdas ni tampoco mediciones de la composición corporal evaluadas directamente en la canal, por lo que estas mediciones se hicieron en este trabajo, ya que fue parte fundamental para determinar la precisión del equipo de ultrasonido utilizado.

Los mejores coeficientes de correlación (con las medidas directas en canal) se tuvieron con las mediciones de ultrasonido de tiempo real. Para mediciones en los mismos puntos son mayores a 0.78 ($P < 0.001$) y las más pobres con el ultrasonido tipo A para grasa dorsal de 0.58 ($P < 0.001$) y para profundidad de músculo no fue significativo ($P > 0.24$). Esto es lógico ya que con el equipo de tiempo real se observan la diferenciación entre los tejidos medidos, estos deben de conocerse a la perfección por el individuo que esté evaluando, para que en el momento que se vaya a registrar la medición tenga los argumentos para determinar si la imagen tomada es la adecuada y además tenga capacidad de decisión hasta donde es el límite de los tejidos, ya que estos pudieran confundirse entre uno y otro, sobre todo cuando no se tiene la experiencia ni el conocimiento, lo que nos aumentaría o disminuiría el grado de error.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En cambio con el ultrasonido tipo A solo nos da un valor y no nos da oportunidad de hacer la diferenciación entre los planos, esto indica la necesidad de estandarizar el uso de estos equipos, así como la importancia de validarlos directamente en la canal y, en su caso, generar los factores de ajuste.

No se han realizado anteriormente este tipo de trabajos en cerdas, para poder comparar los resultados, pero si se han realizado para cerdos en crecimiento hasta la engorda. Mejía *et al.*, (1999) reportan que en cerdos de 107 kg encontraron coeficientes de correlación arriba de 0.63 para grasa dorsal medida en la última costilla sobre la línea media. Por su parte Cisneros *et al.*, (1996) reportan que en cerdos de 122.93 kg encontraron coeficientes de correlación para la última costilla en línea media de 0.83 ($P < 0.01$) y medida en P_2 (a 6.5 cm de la línea media) de 0.80 ($P < 0.01$), pero no se puede tomar los mismos coeficientes de correlación ya que son animales de metabolismo y conformación totalmente diferentes con pesos corporales que van desde los 143 kg hasta los 293 kg. Esto indica que este equipo de ultrasonido tiene alta precisión, tanto en cerdos arriba de los 100 kg como en cerdas de los 143 hasta los 300 kg.

En la evaluación subjetiva de la condición corporal, las mejores correlaciones se tuvieron con la grasa dorsal de 0.66, lo que es razonable porque se evalúa finalmente la "redondez" de las formas, pero no hubo ninguna asociación con los estimadores de masa muscular (0.42), ya que la tendencia fue en el sentido inverso del comportamiento real. Cabe señalar que esta medición es muy subjetiva y su precisión va a depender de la persona que la este midiendo. Sin embargo, no tiene ninguna relevancia ya que cuando se hace esta evaluación no se sabe la cantidad de tejido graso o tejido muscular de la cerda, lo cual es importante porque el tejido muscular perdido durante la lactación ya no se recupera (Dourmand, *et al.*, 1994) y cuando hay una sobrealimentación para cerdas demasiado flacas solamente forman excesivo tejido graso (Trottier, 1997).

Las variables medidas con los equipos de ultrasonido y la condición corporal son importantes, porque en la práctica tienen la utilidad de calificar o estimar los cambios en la composición corporal pero, por sí solas, el valor de estas variables es prácticamente nulo, por lo que necesariamente se tendrán que incorporar con otras variables tales como el peso de las cerdas, el consumo de alimento, la cantidad de lechones que tenga por camada por mencionar las más importantes y así establecer métodos de predicción precisos.

Metodología generada.

En las ecuaciones de la estimación de los cortes magros las variables que las integran se describen a continuación. El peso (kg) de las cerdas fue la variable que explicó la mayor proporción del total de la variación para la estimación de cortes magros lo que indica que es de mayor importancia el peso de la cerda, esta observación concuerda con lo mencionado por otros trabajos (Mullan y Williams, 1990; Juárez *et al* 1999; Dormand *et al.*, 1998). La edad también es importante ya que a través de esta se van disminuyendo o aumentando dichos tejidos por el número de lactaciones lo que tiende a aumentar el desgaste metabólico. El tamaño de la camada afecta la movilización de los tejidos ya que entre más grande sea será mayor la movilización (Dourmand *et al.*, 1994; Kim y Easter, 2001; Eissen *et al.*, 2003), aunque esta también depende del consumo diario de alimento (Coffey *et al.*, 1994; Koketsu *et al.*, 1996) pero desafortunadamente para la fase 2, no se pudieron conseguir lo que hubiera permitido tener una mayor precisión en la estimación de los cortes magros. La medición de la grasa dorsal y la profundidad del músculo dorsal también son incluidas como estimadores de la composición corporal por los cambios que estos se generen. Las ecuaciones obtenidas son en peso vivo y en peso de la canal, sin embargo se recomienda

usarla donde se usa el peso vivo, ya que nos ahorraríamos un paso en la estimación y se disminuiría el grado de error.

Para el caso de las ecuaciones de predicción para IDE y NTPS las variables de mayor interés fueron las que afectan directamente la vida reproductiva de las cerdas como son la edad de la cerda, el consumo diario de alimento, pérdida de peso, pérdida de tejido magro, pérdida de músculo y pérdida de grasa dorsal.

Respecto a los diferentes métodos de estimación para la fase 2, el que tuvo un mayor coeficiente de determinación fue por regresión múltiple, por lo que se recomienda usar aquellas que tuvieron un mayor coeficiente. Los coeficientes de regresión aparentemente son muy bajos (<0.065), pero esto se debe a la gran variación que existe entre las granjas y entre las mismas edades de las cerdas y que no pudo ser controlada. Lo más recomendable hubiera sido que se hiciera un análisis de residuales, pero como las correlaciones entre las variables medidas eran muy bajas (<0.17), por lo que el coeficiente de determinación no hubiera aumentado de manera considerable (Draper y Smith, 1981; Price, 1980).

La mayoría de los trabajos relacionados a condición corporal (Brandemuhl *et al.*, 1989; Mullan y Williams, 1990; Dourmand, 1991) le dieron mucha importancia a grasa corporal, que aunque entró en la ecuación para estimar el intervalo destete, el peso al parto y el consumo diario de alimento. La mayoría de los resúmenes de trabajos cortos de investigación presentados en congresos nacionales (Córdova, 1996; Bezille, 2002; Bello, 1998) indican que las cerdas deberán tener un espesor específico de grasa dorsal de acuerdo a su peso o su edad, si embargo la medición de grasa dorsal no es relevante cuando no se conoce el comportamiento de la misma en cada granja ni por edad y sobretodo cuando ni siquiera son pesados los animales. Actualmente se le esta dando más importancia a la

estimación del tejido muscular, ya sea por tejido magro a la estimación de proteína (Dourmand, *et al.*, 1994; Dourmand, *et al.*, 1998), ya que es un tejido que puede explicar bien los cambios en composición corporal por su alta tasa de degradación y de síntesis.

Al momento de correr los análisis por número de parto esta mejoró para algunos casos pero para otros empeoró, esto por Stepwise ya que regresión múltiple no se obtuvo resultados significativos.

Los datos obtenidos nos ayudarán para estimar la producción de las cerdas. Esta estimación deberá tomarse con reserva, ya que con las ecuaciones no se estimará exactamente el número de lechones nacidos al siguiente parto ni tampoco el IDE, solamente se tendrá una idea si la producción de lechones será buena o mala, y para el caso de IDE se podrá estimar si este se va a encontrar dentro de lo normal o si va a ser muy largo (por ejemplo, mayor a 15 días). Esta metodología generada es el inicio una herramienta que nos permita predecir el comportamiento productivo de las cerdas en los siguientes partos parto, pero se deberán hacer los ajustes necesarios para poder aumentar la precisión.

La metodología generada será muy útil para determinar una de las causas de desecho en base a la evaluación de la composición corporal. Actualmente, se tiene en granjas cerdas que pierden mucho peso, principalmente tejido muscular durante la lactación, para tal caso siguen un programa de sobrealimentación para que se recuperen en sus formas, pero si tuvo una pérdida excesiva de tejido muscular hay menos probabilidades de presentación de celo, ya que según Clowes *et al.*, (2003a) cuando hay mayor pérdida de proteína los folículos son más pequeños.

Con el uso de esta metodología podremos determinar si las cerdas seguirán con capacidad reproductiva para seguirse quedando en el hato o tendrán que desecharse.

Este trabajo permite afirmar que para hacer evaluaciones o mediciones de la composición corporal no basta solamente con tomar medidas de la grasa dorsal, ni mucho menos recomendar programas de alimentación haciendo referencia solamente a dichas mediciones, ya que de preferencia se debe de tomar en cuenta la cantidad de cortes magros y su pérdida durante la lactación obtenido de las ecuaciones anteriormente descritas. Es cierto que en la mayoría de las granjas no tecnificadas o semitecnificadas no hay otra forma de medir esta composición corporal, pero si no se tiene el conocimiento absoluto de este tema es más recomendable no basarse en esas mediciones subjetivas, ya que hay otras variables que se les debe de dar mayor importancia como son el consumo diario de alimento, ya que a mayor consumo se evitaran perdidas de peso y se logrará tener una mayor longevidad de las cerdas.

En granjas tecnificadas que cuenten con equipos de ultrasonido y quieran basar sus programas de alimentación en la medición de la composición corporal, primeramente se deberá conocer la variación y las tendencias que hay en su hato en cuanto a mediciones de la profundidad de grasa dorsal y la profundidad de músculo dorsal ya que estos no suelen ser constantes.

El intervalo destete estro y los lechones nacidos al siguiente parto no fueron afectados por la granja, lo que indica que no hay diferencia entre genéticas para prolificidad. Sin embargo, el intervalo destete estro sí se ve afectado por la edad de la cerda siendo que las cerdas jóvenes tardan más en presentar celo, esto se debe posiblemente a que cerdas adultas tiene más maduro su sistema reproductivo. Para el caso de la estimación del intervalo destete estro, la mayoría

de la literatura citada menciona que este es afectado por la pérdida de peso en lactación pero esto también lo relacionan más con la medición de la grasa dorsal y hasta se han hecho estimaciones que en base a la pérdida de grasa dorsal, el intervalo destete estro (Boyd y Touchete, 1997).

VIII. CONCLUSIÓN

Con técnicas de ultrasonografía, es posible estimar los cambios en composición corporal de las cerdas con mucha precisión. Excepto el peso corporal (o sus cambios), ninguna de las variables, por si sola, es un elemento de estimación confiable. Para estos fines, el mérito de la evaluación subjetiva de la condición corporal es cuestionable.

La estimación del número de lechones nacidos a parto subsecuente y el intervalo destete estro es posible, pero se tendrá que hacer la validación de las ecuaciones para estimar su precisión o en su caso determinar los factores de ajuste que permitan predecirlos con suficiente precisión.

Implicaciones. Si los cambios de composición corporal se pueden medir efectivamente, se podrán calificar apropiadamente el éxito de los programas de manejo y alimentación de las reproductoras al estimar las consecuencias reproductivas y en la duración de la vida productiva de la cerda.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro 1. Descripción de la población por granja, para datos de producción, mediciones de composición corporal y cambios de peso.

	GRANJA	1	2	3	4	EEM	P
VARIABLE							
N		226	77	274	39		
Número promedio de parto		4.31 ^a	4.05 ^b	4.07 ^b	4.39 ^a	0.0687	0.008
Días promedio de lactación		20.78 ^b	23.88 ^a	14.80 ^d	17.93 ^c	0.2048	0.001
Peso al día 109 de gestación, kg		251.98 ^a	234.32 ^b	235.55 ^b	239.25 ^{ab}	2.3195	0.001
Peso al parto, kg		232.09 ^a	213.26 ^b	215.43 ^b	219.18 ^{ab}	1.9736	0.001
Peso al destete, kg		217.74 ^a	196.11 ^c	209.65 ^b	217.22 ^a	2.0032	0.001
Consumo de alimento de la cerda, kg/día		4.46 ^c	5.26 ^b	5.58 ^b	6.81 ^a	0.0642	0.001
Lechones nacidos totales		10.30	10.11	10.08	9.35	0.2219	0.470
Peso promedio de lechones nacidos totales, kg		1.40 ^c	1.53 ^a	1.46 ^{bc}	1.48 ^{ab}	0.0199	0.010
Lechones destetados		9.01 ^a	7.93 ^c	8.88 ^{ab}	8.09 ^{bc}	0.1111	0.001
Peso promedio de lechones destetados, kg		5.76 ^b	7.37 ^a	4.91 ^c	6.04 ^b	0.0796	0.001
Ganancia diaria de peso de la camada, kg		1.83 ^{bc}	1.68 ^c	1.97 ^a	1.93 ^{ab}	0.0466	0.001
Ganancia de peso por lechón en lactación, kg		4.36 ^b	5.54 ^a	3.45 ^c	4.56 ^b	0.0763	0.001
Ganancia diaria de peso por lechón, kg		0.196 ^c	0.211 ^b	0.217 ^{ab}	0.239 ^a	0.0046	0.001

Literales indican diferencia significativa ($P < 0.01$).

**FALTA
PAGINA**

66 |

Cuadro 2. Descripción de la población por granja, para datos de producción, mediciones de composición corporal y cambios de peso (Continuación).

GRANJA	1	2	3	4	EEM	P
VARIABLE						
N	226	77	274	39		
Número promedio de parto	4.31 ^a	4.05 ^b	4.07 ^b	4.39 ^a	0.0687	0.008
Días promedio de lactación	20.78 ^b	23.88 ^a	14.80 ^d	17.93 ^c	0.2048	0.001
Grasa dorsal promedio al día 109 de gestación, mm	20.33 ^b	23.88 ^a	20.32 ^b	22.90 ^a	0.5702	0.001
Grasa dorsal promedio al destete, mm	18.67 ^b	21.70 ^a	19.27 ^b	22.51 ^a	0.5400	0.001
Profundidad promedio de músculo al día 109, mm	54.81 ^a	51.33 ^b	50.69 ^b	57.36 ^a	0.6673	0.001
Profundidad de músculo al destete, mm	52.13 ^a	49.93 ^b	48.02 ^b	53.68 ^a	0.6324	0.001
Pérdida promedio de grasa dorsal en lactación, mm	1.50	2.18	1.05	0.39	0.4227	0.280
Pérdida promedio de músculo en lactación, mm	2.82	1.39	2.67	3.67	0.5897	0.340
Pérdida promedio de peso en lactación, kg	14.35 ^a	17.14 ^a	5.78 ^b	1.96 ^b	0.8846	0.001
Pérdida diaria de peso en lactación, kg/día	0.706 ^a	0.700 ^a	0.390 ^b	0.107 ^b	0.0498	0.001
RESPUESTA AL SIGUIENTE PARTO						
Intervalo destete a estro, días	8.39	6.98	8.39	ND	0.7120	0.500
Lechones nacidos al siguiente part	10.27	9.25	9.70	ND	0.2321	0.070

Literales indican diferencia significativa (P<0.01).

TESTES CON
FALTA DE ORIGEN

Cuadro 3. Descripción de la población por grupos de edad (agrupado por números de parto), para datos de producción, mediciones de composición corporal y cambios de peso.

EDAD*	1	2	5	8	EEM	P
VARIABLE						
Número de observaciones	127	174	166	149		
Número promedio de parto	1.00	2.44	5.17	8.21		
Días promedio de lactación	18.90	19.22	19.31	19.95	0.2048	0.150
Peso 109, kg	194.94	226.47	263.01	276.67	2.3195	0.001
Peso al parto, kg	176.91	205.38	241.53	256.13	2.2154	0.001
Peso al destete, kg	167.99	196.69	230.66	245.38	2.0032	0.001
Consumo de alimento, kg/d	5.36	5.55	5.67	5.52	0.0655	0.290
Lechones nacidos	9.16	10.01	10.49	10.17	0.2219	0.130
Peso promedio de los lechones al parto, kg	1.44	1.55	1.48	1.41	0.0199	0.004
Lechones destetados	8.51	8.56	8.57	8.26	0.1111	0.420
Peso promedio, lechones al destete, kg	5.41	6.17	5.96	6.25	0.0795	0.008
Ganancia de peso de la camada, kg/d	1.74	1.93	1.86	1.89	0.0805	0.520
Ganancia de peso por lechón en lactación, kg	3.97	4.62	4.47	4.84	0.0763	0.003
Ganancia diaria de peso por lechón, kg	0.202	0.223	0.212	0.227	0.0046	0.110

Promedio de días en lactación, 18.41.

*Edad, agrupada por número de parto. Edad 1 = cerdas de 1° parto; Edad 2 = cerdas de 2° parto; Edad 5 = cerdas del 3° al 6° parto; Edad 8 = cerdas de más del 7° parto.

Cuadro 4. Descripción de la población por grupos de edad (agrupado por números de parto), para datos de producción, mediciones de composición corporal y cambios de peso (continuación).

EDAD*	1	2	5	8	EEM	P
VARIABLE						
Número de observaciones	127	174	166	149		
Número promedio de parto	1.00	2.44	5.17	8.21		
Días promedio de lactación	18.90	19.22	19.31	19.95	0.2048	0.150
Grasa dorsal 1, mm	19.54	20.89	22.82	24.19	0.5691	0.002
Profundidad del músculo 1, mm	53.08	52.36	54.30	54.46	0.6660	0.240
Pérdida de grasa dorsal, mm	0.97	1.15	1.33	1.65	0.0982	0.880
Pérdida del músculo gran dorsal, mm	3.71	1.90	2.53	2.42	0.5894	0.640
Pérdida de peso en lactación, kg	8.93	8.69	10.86	10.74	0.8846	0.500
Pérdida de peso en lactación, kg/día	0.461	0.420	0.520	0.503	0.0498	0.730
Intervalo destete a estro, días	10.60	7.09	7.00	6.98	0.7126	0.010
Lechones al siguiente parto	9.72	9.47	10.10	9.67	0.2321	0.730

*Edad, agrupada por número de parto. Edad 1 = cerdas de 1° parto; Edad 2 = cerdas de 2° parto; Edad 5 = cerdas del 3° al 6° parto; Edad 8 = cerdas de más del 7° parto.

**FALTA
PAGINA**

70|

Cuadro 5. Descripción de los datos obtenidos de las cerdas sacrificadas

	EDAD*	1	2	5	8	EEM	P
VARIABLE							
Número de observaciones		59	86	37	54		
Número promedio de parto		1	2.43	4.68	8.54	0.0698	0.001
Lechones nacidos en el parto inmediato anterior		8.14	8.50	8.76	8.77	0.3027	0.440
Peso vivo de la cerda, kg		199.80 ^c	212.36 ^b	231.24 ^a	228.81 ^a	3.6769	0.001
Peso de la canal, kg		158.94 ^c	167.52 ^b	183.65 ^a	177.51 ^a	3.0683	0.001
Rendimiento en canal, %		79.55 ^a	78.81 ^a	79.42 ^a	77.54 ^b	0.3562	0.001
Peso del unto, kg		2.11 ^b	2.23 ^b	2.75 ^a	2.25 ^b	0.1311	0.020
Peso del hígado, kg		2.80 ^c	3.05 ^b	3.22 ^{ab}	3.47 ^a	0.0743	0.001
COMPOSICIÓN CORPORAL							
Grasa 10° costilla en Punto 2, cm		2.42 ^b	2.38 ^{bc}	2.82 ^a	2.72 ^{ab}	0.1139	0.020
Profundidad de músculo a nivel de la 10° costilla en Punto 2, cm		5.64	5.54	5.73	5.50	0.0987	0.460
CORTES MAGROS							
Número de observaciones		21	38	9	14		
Lomo, kg		9.53	9.74	10.38	10.06	0.2766	0.310
Cabeza del lomo, kg		5.83 ^c	6.42 ^{ab}	7.20 ^a	6.69 ^{ab}	0.2382	0.010
Espaldilla, kg		17.22	17.28	19.10	18.06	0.5158	0.140
Pierna		26.55	25.87	28.43	27.16	0.7144	0.160
Suma de cortes magros, kg		59.13 ^b	59.31 ^b	65.11 ^a	61.96 ^{ab}	1.3282	0.040

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

**FALTA
PAGINA**

72

Cuadro 6. Composición química del tejido muscular.

EDAD*	1	2	5	8	EF M	P
VARIABLE						
Número de observaciones	6	14	6	3		
Número promedio de parto	1.00	2.47	4.83	8.00	0.2328	0.001
Peso vivo de la cerda, kg	177.5 ^c	200.33 ^{bc}	237.83 ^a	231.67 ^{ab}	8.8585	0.001
Peso en canal de la cerda	142.27 ^c	158.02 ^{bc}	191.95 ^a	182.27 ^{ab}	7.7464	0.001
MÚSCULO GRAN DORSAL						
Agua, %	74.18	73.87	73.53	74.86	0.4844	0.510
Proteína cruda en base seca, %	83.10	84.69	84.42	88.39	0.3714	0.440
Grasa cruda en base seca, %	6.89	7.13	5.99	5.44	0.8764	0.600
Cenizas, %	4.19	4.21	3.94	4.26	0.1472	0.530
PIERNA						
Agua, %	75.73	76.42	75.49	75.96	0.4472	0.400
Proteína cruda en base seca, %	83.93	87.25	84.12	85.77	1.1058	0.070
Grasa cruda en base seca, %	4.15	6.77	6.60	5.76	0.7705	0.090
Cenizas, %	4.24	4.44	4.23	4.33	0.1055	0.330

Cuadro 7. Cambio en grasa y músculo dorsal a través de la edad, por número de parto (NP)*.

NP	OBS	Profundidad de grasa dorsal, cm ^a	EEM	Profundidad de músculo, cm ^a	EEM
1	59	2.31	0.1066	5.31	0.1173
2	49	2.28	0.1169	5.11	0.1287
3	37	2.31	0.1346	5.36	0.1481
4	20	2.49	0.1745	5.10	0.1921
5	9	2.52	0.2267	6.01	0.2496
6	8	2.86	0.2188	5.16	0.2409
7	9	2.80	0.2465	5.17	0.2714
8	17	2.36	0.2588	5.22	0.2850
9	28	2.58	0.1383	5.23	0.1523

^a P > 0.33

Medias de cuadrados mínimos

Cuadro 8. Cambio en tejido magro a través de la edad.

Edad	OBS	Cortes Magros Kg ^a	EEM	Cortes Magros % ^a	EEM
1	21	59.13	1.2611	29.63	0.5233
2	19	56.80	1.3258	29.51	0.5502
3	18	61.96	1.3621	28.96	0.5653
5	12	65.10	1.6683	28.46	0.6923
7	11	61.12	1.7425	25.54	0.7231

^a P < 0.01.

* Medias de cuadrados mínimos

Cuadro 9. Coeficientes de correlación simple entre las mediciones de grasa y músculo.

Técnica y punto de medición	Medición directa en la canal			
	G10 ^a C, LM	G10 ^a C, P ₂	GUC, LM	PM10 ^a C, P ₂
Ultrasonido de tiempo real				
G10 ^a C en Punto 2	0.7636 ^a	0.8775 ^a	0.7823 ^a	0.2336 ^b
GUC en Punto 2	0.7604 ^a	0.8735 ^a	0.7800 ^a	0.2053 ^c
PM10 ^a C en Punto 2	0.2934 ^a	0.2439 ^b	0.2366 ^b	0.8450 ^a
PMUC en Punto 2	0.2825 ^a	0.2203 ^b	0.2350 ^b	0.8240 ^a
Ultrasonido tipo A				
GUC en Punto 2	0.5885 ^a	0.6180 ^a	0.5890 ^a	0.1796 ^c
PMUC en Punto 2	0.0209 ^{ns}	0.0385 ^{ns}	0.0244 ^{ns}	0.0385 ^{ns}
Condición corporal visual	0.6073 ^a	0.6660 ^a	0.6239 ^a	0.4269 ^a

P: ^a<0.0001, ^b<0.001, ^c<0.02, ^{ns}>0.24.

LM = Línea media; P₂ = Punto 2, a 6.5 cm de LM; G10^aC = Grasa dorsal, a la 10^a costilla; GUC = Grasa dorsal, última costilla; PM10^aC = Profundidad del músculo gran dorsal al nivel de la 10^a costilla; PMUC = Profundidad del músculo gran dorsal al nivel de la última costilla.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro 10. Análisis de regresión para estimar cortes magros usando el peso vivo (CMU1) y usando el peso de la canal (CMU2), mediante la el equipo de ultrasonido de tiempo real.

Variable	Intercepto	Peso, Kg	Edad	TC	PMUC	GU	R ²	P
CMU1	21.03	0.189	-0.558	-0.454	1.699	-1.717	0.64	0.001
CMU2	20.13	0.258	-0.408	-0.420	1.551	-2.651	0.68	0.001

TC = Tamaño de la camada (No. de lechones); GUC = grasa dorsal, última costilla, P₂ (cm); PMUC = profundidad del músculo dorsal, última costilla, P₂ (cm).

Cuadro 11. Variables incluidas en las ecuaciones de regresión y su descripción estadística.

Variable	R ² Parcial	R ² Acumulada	P
Peso vivo, kg	0.5407	0.5407	0.001
Profundidad del músculo dorsal, última costilla, P ₂ (cm).	0.0236	0.5643	0.05
Tamaño de camada	0.0196	0.5839	0.06
Grasa dorsal, última costilla, P ₂ (cm)	0.0288	0.6128	0.02
Edad por número de parto	0.0235	0.6363	0.03

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro 12. Análisis regresión por granja a partir de dos modelos para predecir los lechones nacidos totales al siguiente parto.

	Intercepto	PPARPRE D	PEGARLA	PERDMAG	DLAC	P	R ²
STEPWISE							
EDAD 1	14.8537	- 0.0297				0.031	0.110
EDAD 3	6.5576			0.3215	0.2205	0.028	0.028
EDAD 5	9.8748		0.1516			0.060	0.058
EDAD 7	11.0751	0.2513				0.050	0.05

Cuadro 13. Análisis regresión por granja a partir de dos modelos para predecir el intervalo destete estro.

	Intercepto	CDA	PERPELAC	PMUSLA	DLAC	P	R ²
STEPWISE							
EDAD 1	21.2508		-0.2690		-0.7964	0.001	0.22
EDAD 3	-27.2856	2.8811			1.0992	0.370	0.11
EDAD 5							
EDAD 7	0.0201			-0.1446	0.2368	0.010	0.16

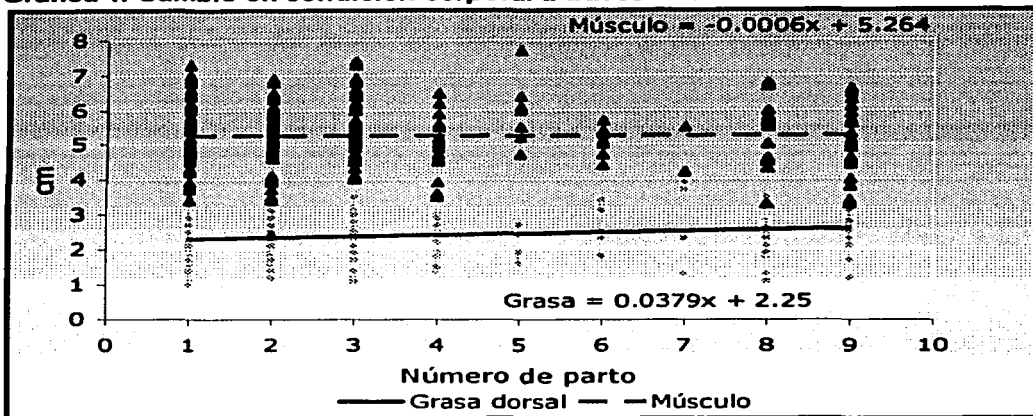
Cuadro 14. Correlación entre el número de lechones nacidos al siguiente parto (NTPS) y sus predicciones.

Predicciones	NTPS observado	No. Obs	P
NTPS estimado por Regresión Múltiple	0.2559	238	0.001
NTPS estimado por Stepwise	0.1962	238	0.002
NTPS estimado por Stepwise por Edad	0.2291	287	0.001

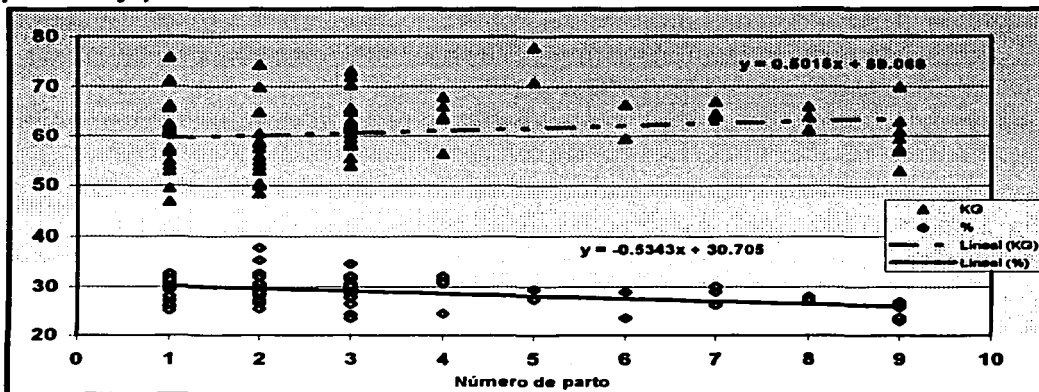
Cuadro 15. Correlación entre el intervalo destete estro al siguiente parto (IDES) y sus predicciones.

Predicciones	IDES observado	No. Obs	P
IDES estimado por Regresión Múltiple	0.2472	316	0.001
IDES estimado por Stepwise	-0.0710	316	0.200
IDES estimado por Stepwise por Edad	0.0714	346	0.180

Gráfica 1. Cambio en condición corporal a través de la edad.



Gráfica 2. Proporción de tejido magro en relación a la edad (en kilogramos y porcentaje).



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

IX. LITERATURA CITADA

- 1. A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists, 15 th. Ed. Arlington, USA.**
- 2. Aumaitre A. L., Dourmand J. Y., and Dagorn. 2000. Management systems for high productivity of sows in Europe. Pigs news an information. 21 No. 3: 89N – 98N.**
- 3. Amstrong J.D and A.M. Benoti.1996. Paracrine, atocrine and endocrine factors that mediate the influence on nutrition on reproduction in cattle and swine: An in vivo, IGF-I perspective. J. Anim Sci 74 (suppl.3)18-35.**
- 4. Averette G.L., Odle J., Soede J., and Hansen J.A. 2002. Dietary medium-or long-chain triglycerides improve body condition of lean-genotype sows and increase suckling pig growth. J.Anim. Sci. 80:38-44.**
- 5. Benfield D.A., Collins J.E., Dee S.A., Halbor P.G., Joo H.S., Lager K.M., Mengeling W.L., Murtaugh M. P., Rossow K.D., Stevenson G.H., and Zimmerman J.J. (1999). Porcine reproductive and respiratory syndrome. Cap. 18. Diseases of swine 8th edition. Edited by Straw B.E., D'Allaire S., Mengelin W.L., and Taylo D.J: 201-232.**
- 6. Boyd R.D and Touchete J.K. 1997. Current concepts in feeding the prolific sow. Pig Improvement Company, USA. 61-77.**
- 7. Bello O.R., Ortega G. R., Conejo N. J. y Becerril A.J. 1998. Patrón de desecho y vida útil en cerdas. Memorias del XXXIII Congreso Nacional de la Asociación Mexicana de Veterinarios Especialistas en Cerdos A. C. (AMVEC), Agosto 12 al 16, Guanajuato, Gto. México. 143-145.**
- 8. Bezille H. 2002. La cerda hiperprolífica: un manejo y principios nutricionales más compejos. Memorias del XXXVII Congreso Nacional de la Asociación Mexicana de Veterinarios Especialistas en Cerdos A. C. (AMVEC), Julio 17 al 21. 32-35.**
- 9. Brendemuhl J.H., Lewis A.J. and Peo Jr. E.R. 1989. Influence of energy and protein intake during lactation on body composition of primíparous sows. J. Anim. Sci. 1989. 67:1478-1488.**
- 10. Cisneros F., Ellis M., Miller K.D., Novakofski J., Wilson E.R. and McKeith F. K. (1996). Comparison of transverse and longitudinal real-time ultrasound scans for prediction of lean cut yields and fat-free lean content in live pigs. J. Anim. Sci. 74:2566-2576.**

11. Clowes E.J., Williams I.H., Baracos V.E., Pluske J.R., Cegielski A.C., Zak L.J., and Aherne F.X. 1998. Feeding lactating primiparous sows to establish three divergent metabolic states: II. Effects on nitrogen partitioning and skeletal muscle composition. *J. Anim. Sci.* 76:1154-1164.
12. Clowes E.J., Aherne F.X., Foxcroft G.R. and Baracos V.E. 2003a. Selective protein loss in lactating sows is associated with reduced litter growth and ovarian function. *J. Anim. Sci.* 81: 753-764.
13. Clowes E.J., Aherne F.X., Schaefer A.L., Foxcroft G.R. and Baracos V.E. 2003b. Parturition body size and body protein loss during lactation influence performance during lactation and ovarian function at weaning in first-parity sows. *J. Anim. Sci.* 81: 1517-1528.
14. Córdova. A. 1996. Pérdida de la condición corporal durante la lactancia y comportamiento productivo en cerdas. Memorias del XXXI Congreso Nacional de la Asociación Mexicana de Veterinarios Especialistas en Cerdos A. C. (AMVEC), Agosto 21-24, Veracruz, México. 114.
15. Cooper D. R., Patience J.F., Zijlstra R.T. and Rademacher. 2001. Effect of energy and lysine intake in gestation on sow performance. *J. Anim. Sci.* 79: 2367 – 2377.
16. Coma J., D.R. Zimmerman, and d: Carrion. 1996. Lysine requirement of the lactating sow determined by using plasma urea nitrogen as a rapid response criterion. *J. Anim. Sci.* 74: 1056.
17. Cozler Y.L., Dagorn J., Dourmand J. Y., Johansen S. Aumaitre A. 1997. Effect of weaning to conception interval and lactation length on subsequent litter size in sows. *Livestock Prod. Sci.* 51: 1-11.
18. Cuarón J.A., Pérez MVG. 2003. Factors related insolution of sows's insulin function in response to Cr-Methionine. En revisión.
19. Cuarón J.A. 1999. Nutrición y alimentación de las cerdas de cría. EL FORO, compendio, 3er foro. Miami, Florida. EUA. 107-118.
20. Dourmand J.Y. 1991. Effect of feeding level in the gilt during pregnancy pregnancy on voluntary feed intake during lactation and changes in body composition during gestation and lactation. *Livestok Produc. Sci.* 27:309-319.

21. **Dourmand J.Y., Etienne M., Noblet J. Causer D. 1998. Prediction de la composition chimique des truies reproductrices a partir du poids vif et de L'épaisseur de lard dorsal. Journées Rech. Porcine en France. 255-261.**
22. **Dourmand J.Y., M. Etienne and J. Noblet. 1994. La reconstitution de réserves corporelles chez la truie multipare en gestation influence du niveau de mobilisation au cours de la lactation précédente. Journées Rech. Porcine en France. 1994:26.**
23. **Dourmand J.Y., M. Etienne and J. Noblet. 1996. Reconstitution of body reserves in multiparous sows during pregnancy: Effect of energy intake during pregnancy and mobilization during the previous lactation. J. Anim. Sci. 74:2211**
24. **Dourmand J.Y., Noblet J., Etienne. 1998a. Effect of protein and lysine supply on performance, nitrogen balance and body composition changes of sows during lactation. J. Anim. Sci. 76:542 – 550.**
25. **Dourmand J.Y., Étienne M., Noblet J. 1998b. Alimentation et gestation des reserves corporelles de la truie: conséquences sa longévité. INRA Prod. Anim. 11:245-247.
<http://www.inra.fr/Internet/Produits/PA/an1998/num983/dossierHP/dk983.htm>**
26. **Draper N. y Smith H. 1981. Applied regression analysis. 2a. Ed. Wiley – Interscience. 141 – 160.**
27. **Dourmand J.Y., Noblet J., Père M.C. and Etienne M. 1999. Mating, pregnancy and prenatal growth. A Quantitative biology of the pig. Capitulo 6. CABI publishing.**
28. **Étienne M., Père M.C. 1998. Adaptations physiologiques et métaboliques au cours de la gestation chez la truie. INRA Prod. Anim., 11:250-253.
<http://www.inra.fr/Internet/Produits/PA/an1998/num983/dossierHP/dm983.htm>**
29. **Hartmann P.E., Smith N.A., Thompson M.J., Wakeford C.M., Arthur P.G. 1997. The lactation cycle in the sow: physiological and management contradictions. Livestock Prod. Sci. 50:75-87.**
30. **Hileman S.M., Pierroz D.D. and Flier J.S. 2000. Leptin, nutrition, and reproduction: Timing is everithing. J. of clinical Endocrinology and Metabolism. 85 (2):804-807.**
31. **Hurley W.L., Wang H., Byson J.M., Shennam D.B. 2000. Lysine uptake by mammary gland tissue from lactating sows. J. Anim. Sci. 78: 391-395.**

32. INEGI. Instituto Nacional de Estadísticas Geografía e Informática. Página WEB: <http://www.inegi.gob.mx> información geográfica por entidad federativa. 2001
33. Juárez A., Cuarón J.A, Becerril J y Castañeda E. 1999. Herramientas para la predicción de la función reproductiva de cerdas: Días de retorno al estro. XXXIV Congreso Nacional AMVEC, Mérida, Yuc. 110-113.
34. Kalra S. P., Dube M. G., Pu S., Xu B., Horvath T. L., and Kalra P.S. (1999). Interacting appetite-regulating pathways in the hypothalamic regulation of body weight. *Endocrine Reviews* 20(1): 68-100.
35. Keisler D. and Lucy M.C. 1996. Perception and interpretation of the effects of undernutrition on reproduction. *J. Anim. Sci.* 74 (Suppl. 3): 1-17.
36. Kerr B.J. 1997. Amino acid nutrition of lactating sows. *Fermex Technical Review-10.* 1-35.
37. Kim S.W., Easter R.A. 2001. Nutrient mobilization from body tissues as influenced by litter size in lactating sows. *J. Anim. Sci.* 79:2179-2186.
38. Kim S.W., Hurley W.L., Han I.K., Stein H.H., and Easter R.A. 1999. Effect of nutrient intake on mammary gland growth in lactating sows. *J. Anim. Sci.* 77: 3304-3315.
39. Kim S.W., Baker D.H., and Easter R.A. 2001a Dynamic ideal protein and limiting amino acids for lactating sows: The impact of amino acid mobilization. *J. Anim. Sci.* 79:2356-2366.
40. Kim S.W., Easter R.A. and Hurley W.L. 2001b The regression of unsuckled mammary glands during lactation in sows: The influence of lactation stage, dietary nutrients, and litter size. *J. Anim. Sci.* 79:2659-2668.
41. King R.H. and G.B. Martin, (1989). Relationships between protein intake during lactation, LH levels and oestrus in first-litters sows. *Anim. Rep. Sci.* 19:283-292.
42. Klopfenstein C., Farmert C., and Martineaw G.P. (1999). Diseases of the mammary glands and lactation problems. Cap. 58. *Diseases of swine 8th edition.* Edited by Straw B.E., D'Allaire S., Mengel W.L., and Taylo D.J: 833-860.
43. Koketsu Y., Dial G. D., Pettigrew J.E. and King V. L. 1996b. Feed intake pattern during lactation and subsequent reproductive performance of sows. *J. Anim. Sci.* 74: 2875-2884.

44. Koketsu Y., Dial G. D., Pettigrew J.E., Marsh E.W. and King V. L. 1996a. Influence imposed intake patterns during lactation on reproductive performance and circulating levels of glucose, insulin and luteinizing hormone in primiparous sows. *J. Anim. Sci.* 74: 1036-1040.
45. Kusina J., Pettigrew J.E., Sower A.F., Hathaway M.R., White M.E. and Crooker B. A. 1999^b. Effect of protein intake during gestation on mammary development of primiparous sows. *J. Anim. Sci.* 77: 925 – 930.
46. Kusina J., Pettigrew J.E., Sower A.F., Hathaway M.R., White M.E. and Crooker B. A. 1999^b. Effect of protein intake during gestation and lactation on the lactational performance of primiparous sows. *J. Anim. Sci.* 77: 931 – 941.
47. Lindemann M. D. 1998. Chromium: current applications-future possibilities. Symposium on the use of supplemental chromium to improve sow productivity. September 2. Des Moines. G-1.
48. Libal, G.W., D.J. Uttecht, and C. R. Hamilton. 1997. Tryptophan needs of lactating sows fed diets supplemented with crystalline lysine. *J. Anim. Sci.* 37:104.
49. López –Serrano M., Reinsch N, Looft H. and Kalm E. 2000. Genetic correlations of growth, backfat thickness and exterior with stayability in large white and landrace sows. *Livestock Production Sci.* 64: 121-131.
50. McNamara J.P. and Boyd R.D. 1999. Quantitative regulation by endocrine systems. A Quantitative biology of the pig. Capítulo 9. CABI publishing.
51. Mejía G.C.A., Montaña B.M., Velásquez M.P.A. y Cuarón I. J.A. 1999. Estimación *in vivo* del rendimiento de las canales porcinas mediante ultrasonografía. *Téc. Pecu. Vol 37, No. 2.* 31-38.
52. Mejia-Guadarrama C.A., Pasquier A., Dourmand J.Y., Prunier A. and Quesnel. 2002. Protein (Iisien) restriction in primiparous lactating sows: Effects on metabolic state, somatotropic axis, and reproductive performance after weaning. *J. Anim. Sci.* 80:3286 – 3300.
53. Mullan B. P. 1991. The catabolism of fat and lean by sows during lactation. *Ping News and Information* 12;221.
54. Mullan B.P. and Williams L.H. 1990. The chemical composition of sows during their first lactation. *Anim. Prod.* 51:375-387.

55. Murray K. R., Mayes A. P., Granner D. K., y Rodwell W.V. 1997. **Bioquímica de Harper**. Ed. Manual Moderno, 14 ed.
56. Noblet J. Y Etienne M. 1987. **Metabolic utilization of energy and maintenance requirements in lactating sows**. *J. Anim. Sci.* 64:744.
57. Noblet J., Dourmand J.Y. y Etienne M. 1990. **Energy utilization in pregnant and lactating sows Modeling of energy requirements**. *J. Anim. Sci.* 68:562.
58. 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.
59. NRC, 1987. **Predicting feed intake of food producing animals**.
60. NRC, 1998. **Predicting feed intake of food producing animals**.
61. O'Grady J.F., Linch P.B., and Kearney P.A. 1985. **Voluntary feed intake by lactating sows**. *Livestock Prod. Sci.* 12:335 – 365.
62. Oliva H.J., Rosas M.F., Villa G. A., Cuarón I.J.A. 1997. **Respuesta reproductiva de las cerdas a 3 fuentes de energía en la dieta de lactación**. *Téc. Pecu. Méx.* Vol 35. No. 1: 1 – 16.
63. Pérez M.V.G., Solorio J.S., Juárez A., Becerril J., Castañeda S.E.O., Zapata S.L., Anaya E.A., Angeles L., Tapia P.G., Díaz O.P., Coba A.M.A., Cuarón I.J.A. (2002). **XI Congreso Latinoamericano de Suinocultura**. Foz de Iguazú. Paraná, Brasil. 273-274.
64. Pérez C. J. E. 1998. **Alimentación de la cerda durante su vida productiva**. *Memorias del XXXIII Congreso Nacional de la Asociación Mexicana de Veterinarios Especialistas en Cerdos A. C. (AMVEC)*, Agosto 12 al 16, Guanajuato, Gto. México. 203-211.
65. Pluske J.R., Williams I.H., Zak J.L., Clowes E.J., Cegielski A.C., and Aherne F.X. 1998. **Feeding lactating primiparous sows to establish three divergent metabolic states: III. Milk production and pig growth**. *J. Anim. Sci.* 76:1165-1171.
66. Prunier A. and Quesnel H. 2000. **Nutritional influences on the hormonal control of reproduction in female pigs**. *Livestock Production Sci.* 63: 1-16.
67. Prunier A., Mejia-Guadarrama C.A., Mourot J., Quesnel H. 2001. **Influence of feed intake during gestation on fat body reserve mobilization and**

reproductive function of primiparous lactating sows *Reprod. Nutr. Dev.* 41: 333-347.

68. Quesnel H., Pasquier A., Hullin J.C., Louveau I., Prunier A. 1997. Influence du rationnement alimentaire pendant la lactation sur les paramètres métaboliques et production de truies primipares. *Journées Rech. Porcine en France* 29:89- 98.

69. Quiniou N., Dourmand J.Y., Noblet J. 1998. Facteurs de variation de l'appétit des truies en lactation. *INRA Prod. Anim.*, 11:247-250.

<http://www.inra.fr/Internet/Produits/PA/an1998/num983/dossierHP/d1998>

3.htm

70. Renaudeau D., Quiniou N. And Noblet J. 2001. Effects of exposure to high ambient temperature and dietary protein level on performance of multiparous lactating sows. *J. Anim. Sci.* 79: 1240 – 1249.

71. Renaudeau D and Noblet J. 2001. Effects of exposure to high ambiente temperature and dietary protein level on sow milk production and performance of piglets. *J. Anim. Sci.* 79:1540-1548.

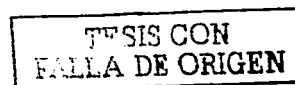
72. Revell D. K., Williams I.H., Mullan B.P., Ranford J.L. and Smits R.J. 1998. Body composition at farrowing and nutrition during lactation affect the performance of primiparus sows: I. Voluntari feed intake, weight loss, and plasma metabolites. *J. Anim. Sci.* 76:1729-1737.

73. Revell D. K., Williams I.H., Mullan B.P., Ranford J.L. and Smits R.J. 1998. Body composition at farrowing and nutrition during lactation affect the performance of primiparus sows: II. Milk composition, milk yield, and pig growth. *J. Anim. Sci.* 76:1738-1743.

74. Rojo G.A., Balderas O. M., y Cuarón I.J.A. 2001. Capacidad de consumo para compensar bajas densidades energéticas en la dieta de cerdos en finalización. X Congreso Nacional AMENA, Puerto Vallarta, Jal., del 1 al 3 de noviembre. 23 -24.

75. Roppa L., 2002. Manejo alimentario de cerdas y cerdos en el crecimiento en climas calientes. Memorias del XXXVII Congreso Nacional de la Asociación Mexicana de Veterinarios Especialistas en Cerdos A. C. (AMVEC), Julio 17 al 21, Puerto Vallarta Jalisco, México. 4-22.

76. SAS. 1996. Statistical Analysis System. SAS for Windows (Release 6.12). SAS Inst. Inc. Cary, North Carolina.



77. Schultz R, Dau D, Cast W, Hoeffing D, Duran O, Carson T, Becton L, Woodward C, Pollard K, Busher K, Kaster D., and Steidinger M. 2001. A sow mortality the real reason sows die identifying causes and implementing action. American Association of Swine Veterinarians: 387-395.
78. Shimada A. 1987. Fundamentos de nutrición animal comparativa. Publicado y distribuido por Sistema de educación continua en producción animal en México. 3ra. Reimpresión.
79. Sinclair A.G., Bland V.C., and Edwards S.A. 2001. The influence of gestation feeding strategy on body composition of gilts at farrowing and response to dietary protein an modified lactation. J. Anim. Sci. 79:2397- 2405.
80. Speer V.C. 1990. Partitioning nitrogen and amino acids for pregnancy and lactation in swine: A review J.Anim. Sci. 68:553.
81. Tokach, M. D., J.E. Pettigrew, B.A. Crooker, G.D. Dial and A.F. Sower. 1992. The effects of an ideal protein lactation diet on sow and litter performance. J. Anim. Sci. 70 (Suppl. 1): 69 Abs.
82. Touchette K.J., Alle G.L., Newcomb M.D. and Boyd R.H. 1998. The lysine requeriment of lactating primiparous sws. J. Anim. Sci. 76:1091-1097.
83. Touchette K.J., Alle G.L., Newcomb M.D., and Boyd R.D. 1998. The use of synthetic lysine in the diet of lactating sows. J. Anim. Sci. 76:1437 – 1442.
84. Trottier N. L. and Easter R.A., 1995. Dietary and plasma branched-chain amino acids in relation to tryptophan: Effect on voluntary feed intake and lactation metabolism in the primiparous sow. J. Anim. Sci. 73:1086-1092.
85. Trottier N. L. 1997. Nutrición de la cerda lactante. Department Of Anim. Sci. Noveno Ciclo de Conferencias sobre Aminoácidos Sintéticos. FERMEX. México D.F. , Septiembre, pp. 31-46.
86. Trottier N. L., Shipley C.F. y Easter R. A. 1997. Plasma amino acid uptake by the mammary gland of the lactating sow. J. Anim. Sci. 75: 1266-1278.
87. Van den Brand H., Heetkamp M.J.W., Soede N.S., Schrama and Kemp B. 2000. Energy balance of lactating primiparous sows as affected by feeding level and dietary energy source. J. Anim. Sci. 78:1520-1528.
88. Weldon W.C., Lewis A. J., Louis G. F., Kovar J.L, Giesemann M.A., and Miller P.S. 1994. Postpartum hipofagia in primiparus sows: I. Effects of gestation feeding level on feed intake, feeding behavior and plasma metabolite concentrations during lactation. J. Anim. Sci. 72:387-394.

89. Weldon W.C., Lewis A. J., Louis G. F., Kovar J.L, Giesemann M.A., and Miller P.S. 1994. Postpartum hypofagia in primiparous sows: II. Effects of feeding level during gestation and exogenous insulin on lactation feed intake, glucose tolerance and epinephrine stimulated release of nonesterified fatty acids and glucose. *J. Anim. Sci.* 72:395 - 403.
90. Whittemore C.T. 1996. Nutrition reproduction interactions in primiparous sows. *Livest. Prod. Sci.* 46:65-83.
91. Xue J.L, Koketsu Y., Dial G.D., Pettigrew J. And Sower A. 1997. Glucose tolerance, luteinizing hormone release and release, and reproductive performance of first-litter sows fed two levels of energy during gestation. *J. Anim. Sci.* 75:1845.
92. Zak L.J., Williams I.H., Foxcroft G.R., pluske J.R., Cegielski A.C., Clowes E.J., and Aherne F. X. 1998. Feeding lactating primiparous sows to establish three divergent metabolic states: I. Associated endocrine changes and postweaning reproductive performance. *J. Anim. Sci.* 76:1145-1153.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN