

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

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

***ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE DOS SISTEMAS DE
ALIMENTACIÓN EN FASES Y UNO HOMOGÉNEO DURANTE LA
GESTACIÓN Y SU EFECTO EN EL SIGUIENTE CICLO
PRODUCTIVO DE LA CERDA, EN UNA GRANJA COMERCIAL DEL
VALLE DE MÉXICO***

**TESIS
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN MEDICINA VETERINARIA
Y ZOOTECNIA**

PRESENTA:

ALFREDO GARCÍA RENDÓN Y LÓPEZ

TUTOR: PhD GERMÁN BORBOLLA SOSA

**COMITÉ TUTORIAL:
PhD JOSÉ ANTONIO RENTERÍA FLORES
MVZ JORGE LÓPEZ MORALES**



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

Ante todo a Dios, por permitirme ver la luz de cada día y escuchar la risa de mis hijos.

A mis padres Alfredo y Gloria, por hacerme quien soy.

A mi esposa, Rosalía Orozco, por todo el apoyo que me ha dado en la vida.

Al MVZ Edgar Enrique González Barajas, sin cuya colaboración no hubiera sido posible la realización de este trabajo.

A mi asesor Germán Borbolla por haber dejado su año sabático y mucho de su tiempo de familia para orientar y dirigir esta Maestría, por su paciencia y amistad.

A Juan Manuel Palacios, por haberme hecho llevadero este período tan pesado.

A las personas que aportaron correcciones y opiniones a esta tesis: J Antonio Rentería, César A Mejía Guadarrama, Jorge López Morales, Marco A Herradora, J Iván Sánchez y María Elena Trujillo.

A mis hijos Luis David, Francisco Alfredo y Pedro Elías, por ser el motor que mueve mis acciones, por todo lo que he aprendido de ello y por amarme aún sin merecerlo.

A toda la gente que me ha enseñado a amar las granjas y el trabajo con los cerdos.

CONTENIDO

RESUMEN

ABSTRACT

1. INTRODUCCIÓN

- 1.1. Antecedentes
- 1.2. Causas del incremento del intervalo destete estro
- 1.3. Papel de las reservas corporales al momento del parto sobre la eficiencia productiva de la cerda
- 1.4. Diseño de un programa de alimentación para hembras gestantes
- 1.5. Fase catabólica durante la gestación
- 1.6. Consecuencias de un programa mal diseñado para la alimentación de hembras gestantes
- 1.7. Programas de alimentación para hembras gestantes comúnmente utilizados

2. JUSTIFICACIÓN

3. HIPÓTESIS

4. OBJETIVOS

5. MATERIAL Y MÉTODOS

- 5.1. Animales
- 5.2. Período Experimental
- 5.3. Manejo en las hembras
- 5.4. Características de la dieta
- 5.5. Programa de alimentación de las cerdas
- 5.6. Manejo de los lechones
- 5.7. Tratamientos experimentales
- 5.8. Variables
- 5.9. Determinación de la composición corporal de las hembras
- 5.10 Determinación de la relación “consumo de energía metabolizable : requerimiento total de energía metabolizable durante la gestación”
- 5.11 Determinación de la relación “consumo de energía metabolizable : requerimiento total de energía metabolizable durante la lactancia”
- 5.12 Análisis estadístico

6. RESULTADOS

- 6.1 Distribución de las hembras experimentales por paridad
- 6.2 Consumo de alimento en gestación
- 6.3 Cambios de peso en las hembras
- 6.4 Cambios en la composición corporal de las hembras durante la gestación
- 6.5 Consumo de alimento en lactancia
- 6.6 Cambios corporales de las hembras durante la lactancia
- 6.7 Productividad por tratamiento

7. DISCUSIÓN

- 8. IMPLICACIONES**
- 9. ABREVIATURAS**
- 10. REFERENCIAS**
- 11. ÍNDICE DE CUADROS**
- 12. ÍNDICE DE GRÁFICAS Y ESQUEMAS**

RESUMEN

Estudio comparativo entre dos sistemas de alimentación en fases y uno homogéneo durante la gestación y su efecto en el siguiente ciclo productivo de la cerda, en una granja comercial del Valle de México

Alfredo García-Rendón **Grado:** *Maestría en Med. Vet. y Zoot., Tutor:* *G Borbolla, Comité tutorial : JA Rentería y J López*

Palabras Clave: Eficiencia reproductiva, Días no productivos, Composición corporal

Un número elevado de lechones destetados por hembra al año es indispensable para mantener la rentabilidad en las granjas porcinas. Este objetivo se logra al reducir los días no productivos, maximizando la prolificidad y minimizando la mortalidad predestete; la condición corporal de la cerda al destete es primordial para lograrlo. Durante la lactancia, las reservas corporales (grasa y músculo) son movilizadas para la producción de leche, ya que la cerda es incapaz de cubrir sus requerimientos nutricionales debido a un consumo insuficiente, cerdas que movilizan más del 12% de sus reservas proteicas sufren alteraciones hormonales que aumentan los días no productivos y reducen el tamaño de la siguiente camada. Los programas de alimentación durante la gestación deben estar diseñados para evitar una alimentación excesiva o limitada, optimizando la reserva proteica y evitando excesos en acumulación de grasa, pues cerdas obesas muestran menor apetito durante la lactancia. El objetivo de este trabajo fue evaluar durante dos ciclos productivos consecutivos, tres diferentes programas de alimentación para cerdas gestantes, para determinar cual de ellos permite acumular mayores reservas corporales y maximizar el rendimiento productivo en ambos ciclos: 1. La cantidad de alimento se asignó por la condición corporal a la monta evaluada visualmente; 2. La cantidad de alimento se asignó según el peso y grasa dorsal al momento de la monta y 3. La cantidad de alimento se asignó de acuerdo a los objetivos de ganancia de peso y tamaño de la camada al nacimiento. La cantidad de alimento en los dos primeros varió durante las diferentes etapas de la gestación, en el tercero, la cantidad no varió durante la preñez. Se calculó la masa proteica y grasa con las fórmulas siguientes: Grasa corporal = $-26.4+0.221(\text{Peso vivo vacío})+1.331(\text{Grasa dorsal, P2})$; Masa proteica = $2.28+0.178(\text{Peso vivo vacío})-0.333(\text{Grasa dorsal, P2})$. Las variables que no mostraron distribución normal, se analizaron con la prueba de Kruskal Wallis, las que no tuvieron homogeneidad de varianzas el ANDEVA se analizó con la prueba de Tamhane, las que cumplieron con ambos supuestos, el ANDEVA se analizó con la prueba de Tuckey.

En los dos ciclos, el consumo total de alimento fue menor ($p<0.05$) para el tratamientos 1 vs. los tratamientos 2 y 3 (264 vs. 269 y 289 Kg; y 276 vs. 293 y 294 Kg), contra lo esperado, la ganancia de peso fue similar ($p>0.05$) en ambos ciclos (58, 61 y 58 Kg; y 57, 57 y 57 Kg); sin embargo, las hembras que más alimento consumieron, ganaron más grasa (6 vs. 9 y 9 Kg; y 9 vs. 10 y 10 Kg), mientras que la deposición de proteína no fue influenciada por el tratamiento, sino por la edad productiva, las cerdas nulíparas basaron su ganancia en proteína, mientras que las multíparas lo hicieron en grasa. No se presentaron diferencias entre los tratamientos en lo que respecta a: consumo de alimento y pérdida de reservas corporales en lactancia, pesos de las camadas al nacimiento y al destete, ni en el intervalo destete-estro. Los lechones nacidos vivos fueron más altos en el tratamiento 3 (mayor consumo de alimento en ambos períodos), la diferencia no llegó a ser significativa ($p>0.05$) por la elevada varianza que presenta esta variable (9.7 y 9.6 vs. 10.17; 9.2 y 9.4 vs. 9.5). Por lo que utilizar un programa de alimentación adecuado, además de optimizar el rendimiento de la cerda reproductora, puede disminuir los costos de alimentación al hacer más eficiente el uso del alimento al determinar el momento más adecuado para la restricción o alimentación adicional.

ABSTRACT.

Comparative study among two feeding systems in phases and one homogeneous during pregnancy and its effect in the next reproductive cycle of the sow, in a commercial farm of the Valley of México

Alfredo García-Rendón Degree: Master in Veterinary Medicine, Tutor: G Borbolla, Tutorial Comittee: JA. Rentería y J. López

Palabras Clave: Reproductive efficiency, Nonproductive days, Body composition

A lifted number of pigs weaned /sow/ year is essential to maintain the yield in the pig farms. This objective is obtained when reducing the nonproductive days, maximizing the litter size and diminishing pre weaning mortality; the body condition of the sow at weaning is fundamental to obtain it. During the nursery, the body reserves (greasy and muscle) are mobilized for the milk production, since the sow is incompetent to cover its nutritional requirements due to an insufficient feed consumption, sows that mobilize more than 12% of their protein reserves undergo hormonal alterations that increase the nonproductive days and reduce the size of the following litter. The programs of feeding during the gestation must be designed to avoid an excessive or limited feeding, optimizing the protein reserve and avoiding excesses in fat accumulation, because obese sows show to minor appetite during the nursery. The objective of this work was to evaluate during two consecutive productive cycles, three different programs for feeding pregnant sows, to determine what of them allows to accumulate majors body reserves and to maximize the productive yield in both cycles: 1. The amount of food was assigned by the body condition evaluated visually at mate 2. The amount of food was assigned according to the weight and back fat at the time of mate 3. The amount of food was assigned according to the objectives of gain of weight and size of the litter to the next birth. In both first, the amount changed with the course of the pregnancy, in the third treatment the amount did not vary during the gestation. The protein and greasy mass was calculated with the next equations: Fat mass = $-26.4 + 0.221$ (empty alive weight) + 1,331 (Back fat, P2); Protein mass = $2.28 + 0.178$ (empty alive weight) - 0,333 (Back fat, P2). Variables that did not show normal distribution, were analyzed with the Kruskal Wallis's test, those that did not have homogeneity of variances the ANOVA was analyzed with the Tamhane's test, those that they fulfilled both assumptions, the ANOVA was analyzed with the Tuckey's test. The total feed consumption in gestation was smaller for treatment 1 vs. treatments 2 and 3 in both cycles (264 vs. 269 and 289 kg; 276 vs. 293 and 294 kg, $p < 0.05$), against the hoped thing, the gain of weight was not different (58, 61 and 58 kg; 57, 57 and 57 kg, $p > 0.05$) nevertheless, the females that more food consumed, gained more fat (6 vs. 9 and 9 kg; 9 vs. 10 and 10 kg), whereas the protein deposition was not influenced by the treatment, but by the productive age, the gilts based their gain on protein, whereas multiparous sows did it in fat. Differences among the treatments did not appear with regard to: food consumption and loss of body reserves in nursery, weights of the litters at birth and at weaning, nor in the weaning-to-service interval. The pigs born alive were higher in treatment 3 (greater food consumption in both periods), the difference did not get to be significant ($p > 0.05$) by the high variance that presents this variable (9.7 and 9.6 vs. 10.17; 9.2 and 9.4 vs. 9.5). Reason why to use an suitable program of feeding, besides optimizing the yield of the reproductive sow, the use can diminish the costs of feeding when more efficient doing of the food when determining the most suitable moment for the restriction or additional feeding.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

El objetivo primordial de una granja porcina, es el mismo que el de cualquier empresa comercial, la rentabilidad (García-Rendón, 2006). En una granja de ciclo completo, una de las áreas determinantes para alcanzar este objetivo, es la del pío de cría, donde la evaluación de su eficiencia se enfoca principalmente en dos parámetros: el primero de ellos es obtener la mayor cantidad de lechones destetados en cada camada y el segundo es lograr el mayor número de partos por hembra productiva al año (Rentería *et al.*, 2007). El primero se logra mejorando la eficiencia reproductiva de la cerda, disminuyendo al mismo tiempo la mortalidad predestete mediante un manejo óptimo de la camada, el segundo se logra reduciendo al máximo el número de días no productivos, los cuales se definen como el número de días que una hembra madura no está, ni gestando ni lactando (Koketsu, 2005).

Un componente importante de los días no productivos, lo constituye el período entre el momento del destete de la cerda y su retorno a estro; período conocido como “intervalo destete estro” (IDE). Este intervalo impacta fuertemente en los días no productivos de una explotación, ya que junto con el intervalo “monta a desecho” y el intervalo “monta a servicio efectivo”, representan aproximadamente el 76% de los días no productivos de la granja (Koketsu, 2005).

1.2. Causas del incremento del intervalo destete estro

Si se considera que la detección de celos se realiza adecuadamente, el IDE estará influenciado principalmente por la condición corporal de las cerdas al momento del destete, pues hembras con una alta pérdida de peso durante la lactancia tardan mucho más en volver a presentar celo, y también tienden a tener un menor tamaño de camada al siguiente parto, este efecto es más notorio en las hembras de primer y segundo parto (Tantasuparuk *et al.*, 2001).

1.2.1. Causas de la pérdida de peso durante la lactancia

Durante la lactancia no se logran cubrir los requerimientos nutricionales de la cerda a través del consumo de alimento, debido, por un lado, a la elevada capacidad lechera de la cerda moderna, lo que incrementa la necesidad de nutrientes después de la primer semana post parto, y por otro, al poco apetito que la hembra moderna presenta (con relación a su requerimiento), y que es el resultado de los programas de selección genética enfocados a reducir la grasa corporal en la especie porcina (Aherne y Williams, 1992; Revell, 1998b).

McNamara y Pettigrew (2002), reportan que cuando los requerimientos nutricionales de una cerda lactante no son satisfechos a través del

consumo de alimento, se movilizan las reservas corporales; el principal tejido movilizado es el proteico, proveniente del tejido muscular esquelético principalmente y en una menor proporción, de los órganos internos (Clowes *et al.*, 2003b), la grasa corporal se moviliza en menor cantidad (McNamara y Pettigrew, 2002).

El peso “maternal” perdido por una cerda en lactancia, se compone tanto de tejido graso como proteico, lo que dificulta diferenciar el papel que tiene cada tipo de tejido en el rendimiento productivo del animal, el tejido graso se pierde en los mismos niveles, independientemente de la dieta utilizada en lactancia, mientras que la pérdida de proteína si depende de la proteína aportada por la dieta para cerdas lactantes (Clowes *et al.*, 2003a), si la proteína proporcionada por la dieta de lactancia es limitada, la hembra se hace más dependiente de la movilización de su proteína corporal para soportar la lactancia (Clowes *et al.*, 2003b). El nivel de movilización de las reservas corporales proteicas tiene repercusiones en el perfil de amino ácidos que debe ser aportado por el alimento de lactancia. En hembras con gran movilización, el aporte de treonina por parte del alimento adquiere gran relevancia, mientras que en cerdas con un alto consumo de alimento en maternidad y por lo mismo con menor movilización de proteína corporal, el aporte de valina es crítico, aunque en ambos casos la lisina es el principal amino ácido limitante (Kim *et al.*, 2001).

Las principales consecuencia de una excesiva pérdida de proteína durante la lactancia son: una menor proporción de hembras que entran en celo los primeros 6 días post destete (Sinclair *et al.* 2001) y la reducción en el tamaño de la camada posterior (van den Brand *et al.*, 2000).

1.2.2. Efectos de la pérdida de proteína corporal durante la lactancia

Una pérdida acelerada de proteína durante la lactancia modifica los niveles sanguíneos de la hormona luteinizante (LH, por sus siglas en inglés); se reduce la frecuencia de sus pulsos (Koketsu *et al.*, 1996) y el tamaño de sus picos al final de la lactancia y después del destete (Zak *et al.*, 1997; Yang *et al.* 2000b), lo que reduce la cantidad de folículos preovulatorios al destete y produce una menor calidad en los folículos después de este (Yang *et al.*, 2000a).

La función ovárica también se ve afectada por una elevada pérdida de proteína corporal durante la lactancia, Foxcroft *et al.* (1984) reportaron que las cerdas que perdieron el 16% de su masa proteica tuvieron una cantidad menor de folículos mayores de 4 mm al momento del destete, y los folículos, que medían entre 8 mm y 16 mm (tamaño en el que ya pueden ser ovulados), tuvieron la mitad del volumen de fluido folicular, comparado con los de las hembras que perdieron entre el 7 al 9% de su masa proteica, lo que afectó la maduración de lo óvulos *in vitro*; los

óvulos que menos maduraron fueron los de las hembras que más masa proteica perdieron.

Clowes *et al.* (2003a) concluyeron que cerdas con mayor pérdida de proteína corporal durante la lactancia, tuvieron folículos de menor tamaño y con menores concentraciones de estradiol, hormona que *in vitro* ha demostrado ser la que soporta la maduración de los oocitos, este efecto se nota a partir de pérdidas mayores al 12% de la proteína corporal en relación con la que se tenía al momento del parto,

El tracto reproductivo también es afectado por la pérdida de proteína corporal durante la lactancia; el peso del útero al momento del destete es menor en las hembras que pierden más masa proteica, debido a la menor cantidad de estrógenos producidos (Foxcroft *et al.*, 1984), en contraste, las cerdas alimentadas durante la lactancia con niveles más altos de proteína (50 gr/día vs. 24 gr/d), tienen mayor peso uterino al día 26 de lactancia (Clowes *et al.*, 2003a).

La combinación: pobre medio ambiente uterino y óvulos pobremente madurados, puede ser un factor crítico en la supervivencia embrionaria, para el caso de hembras que pierden mucha masa proteica (Clowes *et al.*, 2003a), lo que explica el menor número de nacidos en la camada siguiente.

En lo que se refiere al desarrollo de la camada actual, pérdidas de la proteína corporal de hasta el 12% no interfieren con su desempeño, pero, si esta pérdida es mayor, ya se afecta el crecimiento, sobre todo si la duración de la lactancia es mayor a 20 días (Clowes *et al.*, 2003a).

1.3. Estrategias para reducir la pérdida de peso durante la lactancia

La manera más simple para evitar la disminución en el peso en la cerda es a través de conseguir un consumo óptimo de alimento durante la lactancia, lo cual puede ser logrado utilizando mediadas de manejo, como la estimulación directa en el comedero (dividiendo la ración en más de tres porciones, humedeciendo el alimento, etc.), a lo que se le pueden agregar modificaciones en la dieta (Revell *et al.*, 1998a); Sinclair *et al.* (2001) encontraron que a mayor nivel de proteína en la dieta de lactancia mayor consumo voluntario, siempre y cuando se suplemente energía, ya que, el incremento en el suministro de proteína estimula más la producción de leche, lo que resulta en un mayor requerimiento de energía para sostener esta producción (McNamara y Pettigrew, 2002); el apetito (consumo voluntario) durante la lactancia, es probablemente una respuesta a los cambios en los requerimientos de energía, debidos a un mayor volumen de leche producida, por supuesto esto solo es válido para cerdas con un alto potencial de producción de leche (Pettigrew y Yang, 1997).

1.4. Papel de las reservas corporales al momento del parto sobre la eficiencia productiva de la cerda

Para asegurar la capacidad productiva del hato reproductor, las hembras de reemplazo deben ser apareadas hasta que hayan alcanzado las reservas necesarias (tanto de tejido muscular como graso) para sostener su primera gestación y lactancia (Gill, 2006) las hembras multíparas deben perder poco peso durante la lactancia, para que no se afecte su función reproductiva (Clowes *et al.*, 2003b), y puedan recuperar sus reservas corporales durante la gestación subsecuente, lo que asegurará una producción máxima de leche, pues las cerdas son capaces de compensar el apetito sub óptimo que se presenta durante la lactancia, incrementando la movilización de estas reservas hacia la producción de leche (Noblet y Etienne, 1986).

Para tener hembras con suficientes reservas corporales al momento del parto, se requiere un adecuado programa de alimentación en gestación, ya que en esta etapa la cerda es alimentada de manera restringida. Este programa de alimentación debe controlar la deposición de grasa corporal y permitir obtener un alto nivel de proteína corporal al parto, pues hembras con poca masa proteica al parto producen camadas más ligeras, aunque se les proporcione alta proteína en lactancia, por tres posibles causas, la primera, las hembras alimentadas con alta proteína en gestación tienen altas reservas que les permiten maximizar la producción de leche al iniciar la lactancia, la segunda, estas hembras tienen mejor desarrollo de la glándula mamaria, por lo que pueden producir más leche y la tercera, un inadecuado consumo de amino ácidos en gestación puede dañar a los fetos en el útero de tal manera que se afecte su rendimiento posterior (Kusina *et al.*, 1999). Cerdas con menor masa proteica al inicio de la lactación tienen un mayor intervalo destete estro que hembras que iniciaron la lactancia con menos reservas (Sinclair *et al.* 2001).

Anteriormente se daba una gran importancia a las reservas de lípidos, sin embargo estudios recientes indican que los genotipos modernos (más magros que sus antecesores), pueden ser mucho más dependiente de la cantidad de proteína corporal (Cia *et al.*, 1998), en este sentido, se ha observado que una restricción de proteína durante la gestación, puede reducir el rendimiento de la lactancia, por el contrario, consumos mayores de lisina durante la gestación, lo mejoran (Kusina *et al.*, 1999).

Una alta deposición de grasa durante la gestación puede ser deseable únicamente en hembras de reemplazo muy magras al momento de la monta o en cerdas multíparas que se estén recuperando de una gran movilización de grasa en la lactancia previa (Pettigrew y Yang, 1997), buscando un objetivo al parto de 19 milímetros (mm) de grasa dorsal (Young *et al.*, 2004).

1.5. Diseño de un programa de alimentación para hembras gestantes

Los modelos que se han desarrollado para la alimentación de las hembras gestantes dividen a los requerimientos de nutrientes en tres componentes: mantenimiento, productos de la concepción y ganancia de peso maternal (Young *et al.*, 2005). El requerimiento para mantenimiento representa entre el 80 al 90% de las necesidades totales del animal (Iwasawa *et al.*, 2004) la ganancia de peso materno (tejido muscular y grasa, principalmente) ocupa un segundo lugar y representa del 15 al 20% del requerimiento de energía durante la gestación (Aherne, 1999).

En el diseño del programa de alimentación de la hembra gestante, debe considerarse que la utilización de la energía aportada por el alimento variará dependiendo de los siguientes factores:

- a) Edad de la cerda. Las cerdas jóvenes (partos 0 y 1), además de gestar, deben continuar su crecimiento (McNamara y Pettigrew, 2002), además, la composición de esta ganancia es mayoritariamente proteica a diferencia de las adultas, en donde la tasa de deposición se inclina hacia el tejido graso, lo que hace que la energía aportada en la dieta, se utilice de manera diferente (Dourmad *et al.*, 1996).
- b) Peso al momento de la monta. La masa corporal al momento de la monta afecta la ganancia de peso durante la gestación (Trottier y Johnston, 2001) ya que el crecimiento magro será proporcionalmente menor para una hembra montada a 231 Kilogramos (Kg) que para un reemplazo montado a 130 Kg, (Pettigrew y Yang, 1997), en la cerda más pesada, la energía aportada por el alimento se utilizará en mayor proporción para el mantenimiento, mientras que en la ligera lo será para deposición de proteína (Dourmad *et al.*, 1996).
- c) Ganancia de peso deseada durante la gestación. En promedio se busca una ganancia 25 Kg de peso maternal (35 Kg en nulíparas y 15 Kg en cerdas de más de cuatro partos), más 20 Kg de placentas y productos de la gestación (Aherne y Kirkwood, 1985; Noblet *et al.*, 1990).
- d) Condición de la hembra al momento de la monta. Cerdas muy delgadas, tienen mayores requerimientos de energía, pues la grasa dorsal sirve de aislamiento con el medio ambiente, y al tenerla reducida, tienden a perder más energía en forma de calor que las cerdas con una capa grasa más gruesa, además de que tienden a ser más activas (se paran más frecuentemente), por lo que también gastan más energía (Young *et al.*, 2005).
- e) Tipo de instalaciones. Cerdas gestantes alojadas en jaula individual tienen mayor requerimiento para mantener su calor

corporal que las alojadas en grupo, mientras que las alojadas en corral, tienen mayor nivel de actividad, lo que incrementa su requerimiento de energía para mantenimiento (Noblet *et al.*, 1993).

- f) Cambios en el crecimiento de los productos de la concepción. Durante la gestación temprana, el mayor crecimiento es debido a los líquidos alantoideo y amniótico, mientras que la deposición de proteína en los fetos es mayor durante la gestación tardía (Whittemore, 1988; Ji *et al.*, 2005).

La implementación de un programa de alimentación que favorezca la deposición de proteína durante la gestación, debe tomar en cuenta:

- a) Que las hembras gestantes tienen una alta capacidad para depositar proteína (King y Brown, 1993)
- b) Que la cantidad de tejido proteico que puede ser depositado en la cerda está limitada por factores como: el potencial del animal, la concentración de lisina en la dieta y la cantidad de energía consumida (Pettigrew y Yang, 1997). El consumo energético promedio durante la gestación debe situarse alrededor de 8 Megacalorías de energía metabolizable (Mcal de EM) por día, para asegurar una adecuada recuperación de las reservas corporales (Dourmad *et al.*, 1994).
- c) Que durante la gestación, parte de la proteína consumida va a los fetos y a los otros productos de la concepción, principalmente en la gestación tardía, cuando ocurre el mayor crecimiento fetal (Noblet *et al.*, 1985)
- d) Que la capacidad de deposición de proteína declina con la edad de las cerdas, lo que por definición nos llevaría a cero cuando se alcanzara la masa magra madura (Pettigrew y Yang, 1997).

1.6. Fase catabólica durante la gestación

Los requerimientos nutricionales de los fetos se incrementan dramáticamente al final de la gestación; para poder satisfacerlos, se presentan adaptaciones en la fisiología y el metabolismo de la madre. El flujo sanguíneo hacia el útero se incrementa, adaptándose al tamaño de la camada (Père *et al.*, 2000), cambian las concentraciones sanguíneas de ciertos sustratos como ácidos grasos libres, glicerol, lactato y alanina (Père *et al.*, 1997), estos cambios deben ser a su vez soportados a través del aporte de nutrientes provenientes del alimento

En cerdos, como en la mayoría de los mamíferos, la glucosa es el principal sustrato energético de los fetos (Père, 1995), por lo que la madre, para permitir que este sustrato llegue a sus productos, desarrolla progresivamente una resistencia a la insulina en el tercer tercio de la gestación (Père *et al.*, 2000), así, los tejidos maternos reducen la utilización de glucosa y utilizan ácidos grasos libres como fuente de

energía (Leturque, 1984). Estas adaptaciones provocan que la cerda entre en una fase catabólica, la cual comienza a los 105 días de gestación (Close *et al.* 1985).

Tomando esto en consideración, se ha planteado adicionar una mayor concentración de energía en la dieta durante el último tercio de la gestación; sin embargo este aporte energético debe seguir algunas consideraciones, no debe provenir de grasa después del día 85 de gestación, ya que se ha observado que el nivel de resistencia a la insulina se incrementa, aumentando el número de mortinatos en la camada; lo que no sucede si la energía extra proviene de los almidones (van der Peet-Schwering *et al.*, 2004); esta suplementación puede generar un mayor crecimiento de las hembras en gestación, pero tiene muy poco efecto en el crecimiento de la glándula mamaria y los fetos (Revell *et al.*, 1998b; Sinclair *et al.*, 2001), debido principalmente a que el nivel de resistencia a la insulina que se presenta en la cerda (tanto nulípara como múltipara) es menor en relación a otras especies, lo que explica el hecho de que los lechones nazcan con tan bajas reservas energéticas y que el peso al nacimiento no dependa de la alimentación en gestación (Père *et al.*, 2000; Père y Etienne, 2007)

La suplementación al final de la gestación debe incluir un incremento en el aporte de proteína, que favorezca el crecimiento de la glándula mamaria al inicio de la lactación (Clowes *et al.*, 2003b).

1.7. Consecuencias de un programa mal diseñado para la alimentación de hembras gestantes

Una insuficiente ganancia de peso de la madre durante la gestación, además de afectar la producción de leche, podría demorar el retorno a celo (Trottier and Johnston, 2001), para evitar esto, durante la gestación se debe alimentar a las hembras, y particularmente a los reemplazos, a un nivel que les permita comenzar su lactación con suficientes reservas corporales (Revell, 1998a); sin embargo un exceso en el consumo de alimento durante la gestación debe ser evitado, pues se reduce el consumo voluntario durante la lactancia (Mullan y Williams, 1989; Weldon *et al.*, 1994a), ya que en animales maduros, los excesos de energía consumidos en la dieta, son destinados hacia la producción de tejido adiposo (De Lange, 2001), responsable de la producción de la hormona leptina, cuya función es la de inhibir el consumo voluntario en el cerdo (Barb *et al.*, 1998), además, cerdas que acumulan importantes cantidades de grasa durante la gestación, muestran un incremento en el estado de resistencia a la insulina, lo que también inhibe el apetito (Weldon *et al.*, 1994b; Xue *et al.* 1997), sin embargo, el consumo voluntario durante la lactancia no se reduce cuando la masa proteica corporal también es alta (Sinclair *et al.*, 2001), por lo que es importante relacionar el rendimiento en la lactancia con la alimentación en gestación (Ji *et al.*, 2005).

1.8. Programas de alimentación para hembras gestantes comúnmente utilizados

- 1.8.1. Alimentación de acuerdo a una cantidad de alimento. En la práctica diaria, muchas explotaciones implementan programas de alimentación para las hembras gestantes, simplemente “planteando” como objetivo un consumo promedio de 2 a 2.5 Kg de alimento por día por cerda, sin evaluar la densidad de nutrientes en la dieta (Rentería *et al.* 2007).
- 1.8.2. Alimentación de acuerdo a la condición corporal al momento de la monta. Se basan en la asignación de la cantidad de alimento a proporcionar a la hembra gestante en función de la condición corporal evaluada visualmente, como un referente del nivel de grasa dorsal de la hembra al momento de la monta, aunque se sabe que la evaluación visual y la medición de grasa dorsal correlacionan solamente de manera moderada $r^2=0.19$ (Young *et al.*, 2001).
- 1.8.3. Alimentación de acuerdo a los objetivos de ganancia materna y grasa dorsal. Este programa de alimentación es más sofisticado, a partir del peso y grasa dorsal al momento de la monta, y el objetivo de ganancia de peso materno y grasa dorsal durante toda la gestación, calcula el requerimiento de los nutrientes (Young *et al.*, 2004).
- 1.8.4. Alimentación de acuerdo a la fase de gestación. Estos programas consideran que la cantidad de alimento proporcionada a las cerdas gestantes debe ser asignada de manera flexible, de acuerdo al crecimiento tanto de la cerda como de los fetos, que cambian a lo largo de la gestación, por lo que las necesidades de nutrientes también varían. Al analizar el cambio en la tasa de deposición de nutrientes, se observa que en la mayoría de los tejidos, este cambio ocurre a partir de los 70 días de preñez, por lo que se puede recomendar por lo menos dos fases de alimentación, una en gestación temprana (0 a 70 días) y otra para la gestación tardía (70 días a parto) (Ji *et al.*, 2005), estos programas por fases tienen dos objetivos principales: eficientar el desarrollo de la cerda y sus productos y reducir la excreción de nitrógeno al medio ambiente, tal y como sucede en los cerdos de engorda alimentados por fases (Ferkner *et al.*, 2002).

2. JUSTIFICACIÓN

Un inadecuado programa de alimentación en la cerda gestante puede afectar seriamente la rentabilidad de una empresa porcina. Cantidades de alimento superiores al requerimiento de la cerda conllevan a un engrasamiento excesivo de esta y consecuentemente a una disminución en el consumo de alimento durante la lactancia, por otro lado, una alimentación sub óptima de la futura madre, conduce a que no se cuente con la suficiente cantidad de reservas para soportar la producción de leche, lo que pone en riesgo su futura actividad reproductiva. La implementación de un programa óptimo de alimentación en el área de gestación es, por lo tanto, de primordial importancia para maximizar la productividad de la cerda sujeta a condiciones intensivas de producción.

3. HIPÓTESIS

La implementación de un programa de alimentación basado en el peso y composición corporal de la cerda optimizará el aporte de nutrientes de la cerda gestante evitando así los excesos o deficiencias comúnmente observadas cuando se utilizan cantidades preestablecidas de alimento durante esta etapa fisiológica.

4. OBJETIVO

Evaluar cual de tres sistemas de alimentación durante la etapa de gestación resulta en una mejor acumulación de reservas corporales y un mayor rendimiento durante la lactancia y el ciclo reproductivo posterior. Los programas de alimentación evaluados fueron:

- a) La cantidad de alimento proporcionada durante la gestación fue asignada en función a la condición corporal evaluada visualmente al momento de la monta y varió de acuerdo a la etapa de gestación
- b) La cantidad de alimento proporcionada en gestación fue asignada en función al peso y la cantidad de grasa dorsal al momento de la monta, y varió de acuerdo a la etapa de gestación
- c) La cantidad de alimento proporcionada en gestación fue asignada a partir del peso a la monta y los objetivos de ganancia de peso y tamaño de camada, y se proporcionó sin modificación hasta el parto

5. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1. Animales

En el presente estudio se utilizaron 339 hembras Camborough 23 (Pig Improvement Company, Franklin KY, Estados Unidos) con edades productivas entre los 0 y 5 partos, alojadas en una explotación comercial de 2,000 hembras, ubicada en la Ciudad de Amecameca, en el Estado de México. La granja se sitúa a una altura sobre el nivel del mar de 2,420 m., con un tipo de clima Cwb con lluvias en verano y una precipitación pluvial promedio de 1,200 mm anuales. La temperatura media anual se ubica entre los 12° y 18° centígrados (°C) y las del mes más frío entre los -3° y 12°C.

5.2. Período Experimental

El experimento se llevó a cabo entre el 1° de octubre del 2007 y el 28 de julio del 2008.

5.3. Manejo en las hembras

Entre el 1° y el 28 de octubre, todas las cerdas fueron inseminadas artificialmente. La detección de celos se realizó dos veces al día por personal capacitado y en presencia de un semental maduro. Una vez que la cerda fue detectada en la fase receptiva del ciclo estral, se inseminó y asignó aleatoriamente a uno de tres tratamientos experimentales. Las hembras de todos los tratamientos fueron montadas bajo el mismo protocolo: Las cerdas que entraron en celo de 0 a 3 días posdestete, fueron inseminadas a las 24 horas de ser detectadas en celo; las cerdas que entraron en celo 4 a 5 días posdestete fueron inseminadas a las 12 horas de haber sido detectadas en celo; las cerdas que entraron en celo entre los 6 y hasta 8 días posdeste, así como las hembras repetidoras, las hembras provenientes de la reserva de reemplazos y las hembras que habían abortado previamente, fueron inseminadas inmediatamente después de ser detectado el celo. Las hembras de los tres tratamientos experimentales fueron inseminadas 2 veces, con un promedio 8 a 12 horas de diferencia entre una inseminación y otra. Las dosis de semen se prepararon con el semen fresco de sementales presentes en la misma granja, utilizando la técnica de heteroespermia, la cual consiste en mezclar el semen de dos o tres machos ordeñados en un mismo día.

5.4.1. Alojamiento

El alojamiento de las cerdas inseminadas varió de acuerdo al número de parto de estas, las hembras nulíparas (reemplazos), fueron mantenidas en una instalación de gestación temprana de primerizas hasta el día 70 de preñez, en este momento, estas cerdas fueron trasladadas a la nave de gestación confirmada donde también se encontraban las cerdas gestantes multíparas. Las hembras multíparas (1 o más partos) fueron mantenidas en el área de gestación temprana de multíparas hasta los 35 días de preñez, momento en el que fueron trasladadas a las naves de

gestación confirmada, donde se alojaron todas las cerdas con gestación verificada a través de ultrasonido, sin importar el número de parto. En todas las instalaciones de gestación, las cerdas estuvieron confinadas en jaulas individuales de 60 cm x 2 m.

El día 112 de gestación, todas las hembras fueron bañadas, desinfectadas y trasladadas al área de Maternidad donde se mantuvieron hasta el momento del destete. El área de Maternidad consiste en un grupo de once salas, cada sala con capacidad de 30 jaulas individuales de maternidad, y con el equipamiento necesario para mantener una temperatura óptima de manera automática.

5.4.2. Programa de vacunación y medicación

Todas las hembras recibieron el programa de vacunación establecido para la granja.

En el área de maternidad a todas las hembras se les aplicó 125 mcgr de cloprostenol (Celosil®) por vía peri-vulvar al día 114 de gestación, con el fin de sincronizar el momento del parto; inmediatamente después de terminado el parto, a todas las cerdas se les aplicó 8,000 UI de penicilina procaínica más 10 mg de dihidroestreptomicina por Kg de peso vivo (Dipenisol®) y veinticuatro horas después del parto todas las cerdas recibieron 5 mg IM de Dinoprost (Lutalyse®) con la finalidad de acelerar la involución uterina.

5.4. Características de la dieta

La composición de las dietas de gestación y lactancia se presenta en el cuadro 1

Cuadro 1. Composición de las dietas

Ingrediente, Kg	Dieta		
	Gestación ^a	Lactancia Primerizas ^b	Lactancia Multíparas ^c
Sorgo	661	583	614
Harina de Maíz	50	50	50
Pasta de Canola	120		
Acemite	100		
Pasta de Soya 46%	14	295	263
Premezcla Vit y Min	30	30	30
Carbonato de Calcio	15	15	15
Aceite	10	27	28
Total	1,000.00	1,000.00	1,000.00

^a3,100 Kcal de Energía Metabolizable/Kg, 13.16% de proteína, 0.56% de lisina total, 0.95% de calcio, 0.43% de fósforo disponible y 3.65% de fibra

^b3,300 Kcal de Energía Metabolizable/Kg, 19.50% de proteína, 1.10% de lisina total, 0.95% de calcio, 0.43% de fósforo disponible y 2.89% de fibra

^c3,300 Kcal de Energía Metabolizable/Kg, 18.32% de proteína, 1.01% de lisina total, 0.95% de calcio, 0.43% de fósforo disponible y 2.85% de fibra

5.5. Programa de alimentación de las cerdas

5.5.1. Etapa de gestación

Todos los días a las 7:00 am, el alimento fue servido en una canaleta abierta, ubicada directamente enfrente de las hembras, en esta área las hembras fueron alimentadas una sola vez al día, y con la cantidad que le correspondía, dependiendo del tratamiento experimental al cual pertenecían, el agua se proporcionó a libertad.

5.5.2. Etapa de lactancia

Las cerdas lactantes fueron alimentadas cuatro veces al día, a las 8:00 am, a las 12:00 am, a las 4:00 pm y a las 8:00 pm. La cantidad de alimento servida, dependía del apetito de la cerda y del momento de la lactancia en que se encontraba la cerda, ya que se procuró que durante los primeros cinco días posparto las cerdas recibieran cantidades restringidas de alimento, que se fueron incrementando gradualmente, como se muestra en el cuadro 2, el agua se proporcionó a libertad.

Cuadro 2. Alimentación en Maternidad

<u>Edad de Lactación</u>	<u>Alimento proporcionado</u>
0	0
1	2.0 Kg.
2	2.5 Kg.
3	3.0 Kg.
4	3.5 Kg.
5	4.0 Kg.
A partir de este momento y hasta el día 18	A libertad

5.6. Manejo de los lechones

En las primeras veinticuatro horas después del parto, las camadas fueron homogeneizadas a diez lechones a través de donaciones y reagrupamientos, utilizando el peso al nacimiento como factor determinante, buscando uniformar el tamaño de la camada y el peso de los lechones, ya que estos factores afectan el requerimiento de nutrientes por parte de la cerda lactante. En algunas camadas, los lechones perdieron peso durante la lactancia, por lo que fueron asignados a una cerda nodriza. A los tres días de edad, todos los lechones recibieron una inyección de hierro y se les cortó la cola. Todas las camadas recibieron alimento sólido a partir del día diez de vida. Los lechones fueron destetados al cumplir 18 días de edad.

5.7. Tratamientos experimentales

El estudio consistió en tres tratamientos a los cuales se les asignaron diferentes cantidades de alimento durante la preñez. En cada tratamiento se utilizaron cerdas de diferente número de parto (0 a 5).

En los tres tratamientos, todas las recibieron 2 Kg. de alimento de gestación hasta el día 5 después de la monta.

Tratamiento 1. Desde el día 6 y hasta el día 35 de la preñez, las cerdas fueron alimentadas de acuerdo a la evaluación visual de su condición corporal (Cuadro 3).

Cuadro 3. Alimento proporcionado en el tratamiento 1 a partir del día 6 y hasta el día 35 de gestación

Condición	Kg/día
1	3.0
2	2.5
3	2.0
4	2.0
5	1.8

Esta evaluación visual utiliza una escala arbitraria en donde la condición 1 representa a hembras muy delgadas, con caderas y espinazos muy prominentes; la condición 2 identifica a la cerda delgada, las caderas y los espinazos se sienten sin hacer mucha presión con la palma de la mano; la condición 3 define a la hembra considerada en buen estado de carnes, en la cual se requiere hacer presión con la palma de la mano para sentir las caderas y el espinazo; la condición 4 representa a la hembra gorda, en la cuál es imposible sentir los huesos con la palma de la mano y la condición 5 se refiere a la cerda francamente obesa. Del día 36 al 70 de gestación, las cerdas recibieron 2 Kg de alimento por día, independientemente de la condición que tuviesen, del día 71 al 100, se les proporcionaron 2.25 Kg de alimento por día, y a partir del día 101 y hasta el día previo al parto, el consumo a todas las hembras se incrementó en 1 Kg.

Tratamiento 2. Desde el día 6 y hasta el día 100 de la preñez, la cantidad de alimento proporcionado a cada cerda se determinó en función al peso y la grasa dorsal que tenía el día de la monta (Cuadro 4), a partir del día 101 y hasta el día previo al parto se adicionó 1 Kg a la cantidad de alimento proporcionada previamente, sin exceder un máximo de 3.3 Kg. al día.

Cuadro 4. Cantidad de alimento proporcionado a partir del día 6 y hasta el día 100 de gestación en tratamiento 2, Kg/día

Peso a la Monta Kg	Grasa Dorsal a la monta, mm			
	9 a11	12 a 14	15 a 17	>18
115 a 150	2.4	2.1	1.9	1.6
150 a 180	2.6	2.4	2.1	1.9
180 a 215	2.9	2.6	2.4	2.1
215 a 250	3.1	2.8	2.6	2.3
250 a 300	3.3	3.1	2.8	2.6

Tratamiento 3. A partir del día 6 y hasta el día previo al parto, la cantidad de alimento proporcionada a cada cerda se determinó de acuerdo al programa de cómputo proporcionado por el National Research Council (NRC, 1998). Este programa usa como variables al peso vivo de la cerda al momento de la monta, la ganancia de peso esperada durante la gestación y la esperanza de tamaño de la camada. El cuadro 5 muestra la ganancia de pesos esperada durante la gestación de acuerdo al número de parto.

Cuadro 5. Ganancia de peso esperada por número de parto en tratamiento 3, Kg

No. Parto	Ganancia Materna	Ganancia Productos	Ganancia Total
0	35	25	60
1	30	25	55
2	25	25	50
3	20	25	45
4	15	25	40
5	15	25	40

En todos los tratamientos, las cerdas fueron trasladadas a la sala de maternidad en el día 112 de gestación. El día del parto no se les proporcionó alimento; al día siguiente las cerdas recibieron alimento de lactancia de acuerdo al cuadro 2.

5.8. Variables

5.8.1. Consumo de alimento

En los tres tratamientos, el alimento se suministró individualmente, pesando la cantidad asignada el día anterior y colocándola en una cubeta encima de la cerda correspondiente, para asegurarse que cada cerda consumiera la ración que le correspondía, las cubetas estaban marcadas con el número de identificación de la cerda y número de jaula en la que estaba localizada.

En el área de maternidad, la ración a proporcionar se pesaba también el día anterior y se colocaba en un costal previamente marcado con la identificación de la hembra, que se presentaba enfrente de la jaula correspondiente. Al día siguiente, antes de la primera servida, se recolectaba lo rechazado por la cerda y se descontaba de lo servido el día anterior, para de esta manera, determinar el consumo real.

5.8.2. En las cerdas

Todas las cerdas, en los tres tratamientos fueron evaluadas en dos ciclos productivos consecutivos (gestación-lactancia-gestación-lactancia). Las mediciones fueron registradas en los días 5, 35, 70, 100 y 112 de las dos gestaciones, así como el día del destete. Los parámetros evaluados fueron: condición corporal visual, peso y grasa dorsal en la posición P2 (a la altura de la última costilla a 65 mm de la línea media), con un

ultrasonido de Tiempo Real, marca Aloka, modelo SSD-500, utilizando un transductor UST-5011U-3.5 de 6”.

5.8.3. Otras variables

Se evaluó la fertilidad, referida esta como la relación entre las cerdas que parieron y las que se montaron en cada tratamiento. Durante el parto se registró individualmente el número de los lechones nacidos vivos (LNV), lechones nacidos muertos y momificados; se registró el peso de cada lechón nacido vivo; también se registraron los lechones muertos durante la lactancia; el número de lechones destetados y su peso individual. Una vez destetadas las cerdas, se determinó el periodo que tardaron en entrar en celo.

Las temperaturas máximas y mínimas de las salas de gestación y maternidad también fueron registradas diariamente.

5.9. Determinación de la composición corporal de las hembras

La masa corporal, tanto proteica como lipídica fueron estimadas con los datos del peso de la hembra y la medición de la grasa dorsal en P2, utilizando las ecuaciones propuestas por Dourmad *et al.* (1997):

Grasa corporal = $-26.4 + 0.221(\text{Peso vivo vacío}) + 1.331(\text{Grasa dorsal en P2})$ y Masa proteica = $2.28 + 0.178(\text{Peso vivo vacío}) - 0.333(\text{Grasa dorsal en P2})$

Donde:

Peso vivo vacío = $a(\text{Peso vivo corregido})^{1.013}$

“a” es una constante que corresponde al número 0.905 en caso de hembras vacías (destetadas), y al número 0.912 en hembras con su gestación a termino (112 días).

Peso vivo corregido = Peso en báscula-Productos de la concepción.

Para determinar el peso de los productos de la concepción se usaron las siguientes ecuaciones (Dourmad *et al.*, 1997):

Contenido uterino, Kg = $0.3 + 1.329(\text{Peso de la camada en Kg})$

Placenta, Kg = $-0.2 + 0.227(\text{Peso de la camada en Kg})$ y

Líquidos, Kg = $-0.2 + 0.143(\text{Peso de la camada en Kg})$.

5.10. Determinación de la relación “consumo de energía metabolizable : requerimiento total de energía metabolizable durante la gestación”

Se utilizó la metodología propuesta por Rentería *et al.* (2007):

Consumo de EM durante toda la gestación / Requerimiento total de EM

Donde:

Requerimiento total de EM durante la gestación = Requerimiento de EM para mantenimiento + Requerimiento de EM para ganancia materna + Requerimiento de EM para los productos de la concepción

Y:

Requerimiento de EM para mantenimiento (Mcal) = (Peso vivo, Kg)^{0.75} x 0.106

Requerimiento de EM para ganancia materna (Mcal) = Ganancia materna, Kg x 4.8

Requerimiento de EM para los productos de la concepción (Mcal) = LNV x Peso del lechón al nacimiento, Kg x 1.104

5.11. Determinación de la relación “consumo de energía metabolizable : requerimiento total de energía metabolizable durante la lactancia”

Se utilizó la metodología propuesta por Rentería *et al.* (2007):

Consumo de EM durante la lactancia / Requerimiento de EM en lactancia

Donde:

Requerimiento de EM en lactancia = Requerimiento de EM para mantenimiento + Requerimiento de EM para producción de leche

Y:

Requerimiento de EM para mantenimiento (Mcal) = (Peso vivo, Kg)^{0.75} x 0.106

Requerimiento de EM para producción de leche (Mcal) = ((Ganancia de peso de la camada, Kg x 4.92) – (Lechones lactando x 0.09)) / 0.72

5.12. Análisis estadístico

Los datos fueron analizados con el paquete estadístico Statistical Product and Service Solutions (SPSS Inc.), versión 15.

Dado que existe un efecto de edad de las cerdas, se utilizó la paridad (número de parto) como una medida relativa de la edad, es relativa pues depende de la edad al primer servicio y de la fertilidad individual (Balderas, 2003), la forma como se incluyó en el modelo fue formando cuatro grupos: 1.Reemplazos (parto 0); 2.Primer parto; 3.Segundo y tercer parto; y 4.Cuarto y quinto parto.

El diseño experimental fue un arreglo factorial completamente al azar, en donde la unidad experimental fue la cerda y el modelo para probar la no existencia de diferencias entre las diferentes variables que se evaluaron (hipótesis nula) fue el siguiente:

Modelo = μ + Tratamiento + Parto + (Tratamiento*Parto) + ϵ

Donde:

μ = Media general

Tratamiento = Efecto del tratamiento experimental

Parto = Efecto del número de parto de la hembra (edad productiva)

Tratamiento*Parto = Efecto de la interacción del tratamiento experimental y del número de parto de la cerda

ϵ = Error aleatorio

Previamente se realizaron las pruebas para verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad (Shapiro-Wilk) y de homogeneidad de varianzas (Prueba de Levene), en caso de cumplirse los dos supuestos, se realizó la prueba de Diferencia Mínima de Significancia Honesta de Tukey para análisis de varianzas (ANOVA). En caso de no cumplirse con el supuesto de homogeneidad de varianzas, pero sí el de normalidad, el ANOVA se realizó con la prueba de Comparación Múltiple de Medias de Tamhane. Para las variables que no cumplieron con el supuesto de normalidad, el análisis se realizó con la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

6. RESULTADOS

La interpretación de resultados debe tomar en cuenta la temperatura ambiental, ya que este es un factor que afecta marcadamente los requerimientos de nutrientes en la especie porcina.

La temperatura promedio en las salas de gestación durante el período experimental fue de 16 grados centígrados (°C), con un registro máximo de 30.5°C y un mínimo de 5°C y una variación promedio entre las temperaturas máximas y mínimas en el mismo día de 15.5°C; la mayor variación en el mismo día fue de 22.5°C, lo ocurrió tres veces durante el mes de marzo.

En el caso de las instalaciones de maternidad, las casetas donde se realizó el estudio están térmicamente aisladas y cuentan con el equipo requerido para el control de temperatura de manera automática, por lo que la variación entre las temperaturas máximas y mínimas durante el mismo día no fue mayor a 5°C durante el experimento, la temperatura promedio durante todo el período experimental fue de 24.8°C.

6.1. Distribución de las hembras experimentales por paridad

Para el análisis de los resultados del presente estudio es muy importante conocer la distribución del número de cerdas por parto en cada uno de los tratamientos experimentales (cuadro 6)

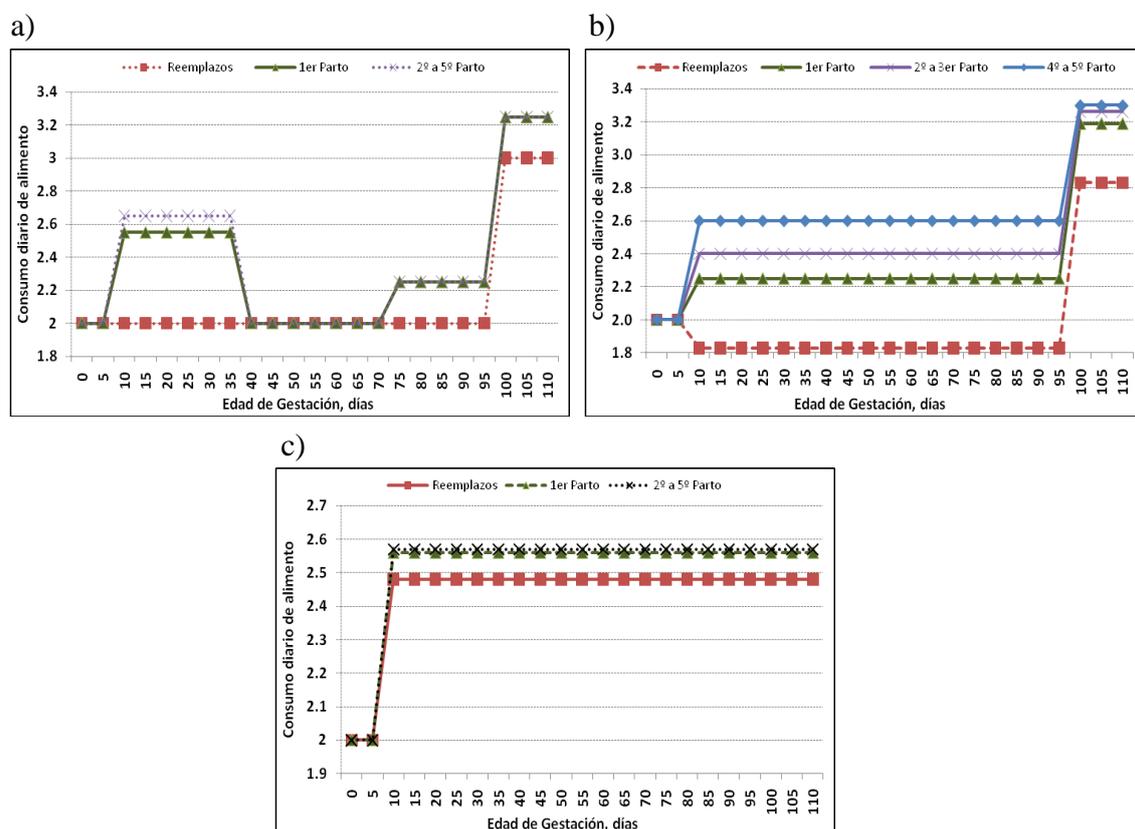
Cuadro 6. Número de hembras a la monta por tratamiento y por número de parto, en los dos períodos experimentales

No. de parto	Tratamiento 1 ^a	Tratamiento 2 ^b	Tratamiento 3 ^c
			<u>Primera gestación</u>
Reemplazos	35	29	25
1er Parto	30	23	29
2º y 3er Parto	36	39	26
4º y 5º Parto	21	22	24
		<u>Segunda gestación</u>	
1er Parto	34	27	22
2º Parto	29	23	27
3º y 4º Parto	29	36	23
5º y 6º Parto	14	12	14

6.2. Consumo de alimento en gestación

El consumo diario de alimento en los diferentes tratamientos durante el período experimental se presenta en la gráfica 1.

En el tratamiento 1, el programa de alimentación consistió en tres fases para cerdas de uno o más partos, y de dos fases para las cerdas de cero partos (reemplazos). Las cerdas que menos alimento consumieron fueron los reemplazos, las cerdas de segundo a quinto parto consumieron cantidades ligeramente mayores que las de primer parto. El consumo de alimento para las cerdas asignadas al tratamiento 2, aumentó conforme la edad de la cerda, hembras de cuarto y quinto parto consumieron 200, 400 y 800 gramos (gr) más de alimento por día que las cerdas de segundo y tercer parto, de primer parto y de cero patos respectivamente. En cambio en el tratamiento 3, la cantidad de alimento que cada cerda recibió, varió únicamente 100 gr entre las cerdas que más alimento recibieron (múltiparas) y las de reemplazo.

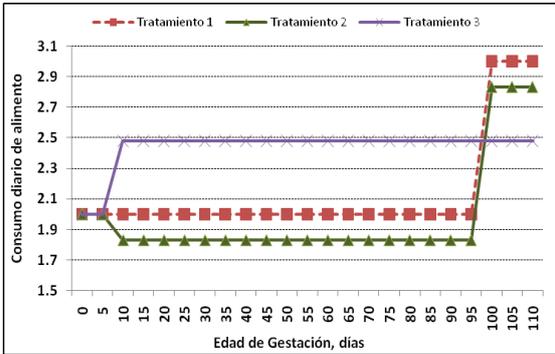


Gráfica 1.- Consumo diario de alimento durante la gestación de los diferentes tratamientos experimentales

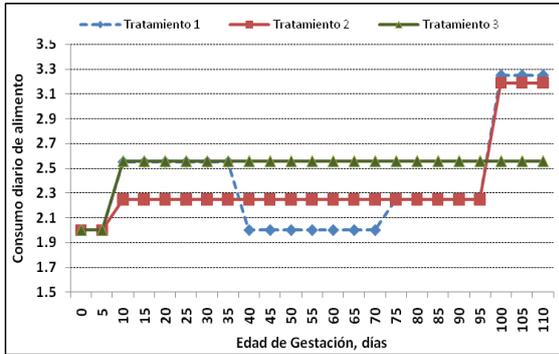
- Tratamiento 1. La cantidad de alimento proporcionada en gestación fue asignada en función a la condición corporal evaluada visualmente al momento de la monta
- Tratamiento 2. La cantidad de alimento proporcionada en gestación fue asignada en función del peso y la cantidad de grasa dorsal al momento de la monta
- Tratamiento 3. La cantidad de alimento proporcionada en gestación fue asignada a partir del peso a la monta y los objetivos de ganancia de peso y tamaño de camada

En la gráfica 2 y el cuadro 7 se indica el programa de alimentación de las cerdas gestantes de acuerdo a su número de parto. Como era de esperarse, las cerdas de reemplazo fueron las que menos alimento recibieron durante el presente estudio, y las del tratamiento 2 fueron las que tuvieron los consumos más bajos.

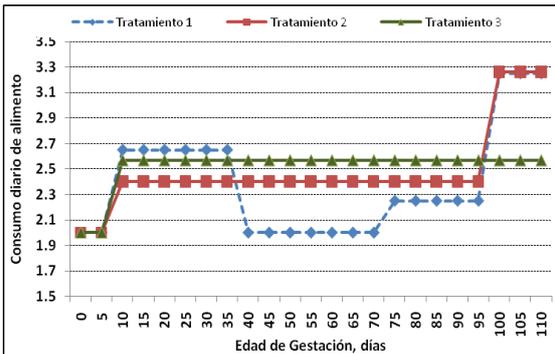
a) Cerdas nulíparas



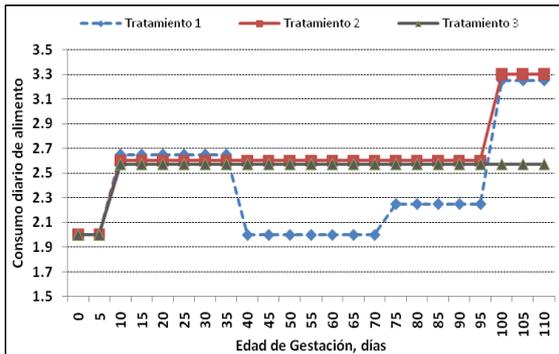
b) Cerdas de primer parto



c) Cerdas de segundo y tercer parto



d) Cerdas de cuarto y quinto parto



Gráfica 2.- Alimentación durante la gestación por número de parto y tratamiento en los dos períodos experimentales

Tratamiento 1. La cantidad de alimento proporcionada en gestación fue asignada en función a la condición corporal evaluada visualmente al momento de la monta

Tratamiento 2. La cantidad de alimento proporcionada en gestación fue asignada en función del peso y la cantidad de grasa dorsal al momento de la monta

Tratamiento 3. La cantidad de alimento proporcionada en gestación fue asignada a partir del peso a la monta y los objetivos de ganancia de peso y tamaño de camada

Cuadro 7. Alimento proporcionado en la gestación por tratamiento y por número de parto, en los dos períodos experimentales^a

	Tratamiento 1 ^b	Tratamiento 2 ^c	Tratamiento 3 ^d
		<u>Primera gestación^e</u>	
<u>Reemplazos</u>			
0-5 d	2.00	2.00	2.00
6-35 d	2.00	1.83	2.47
36-70 d	2.00	1.83	2.47
71-100 d	2.00	1.83	2.47
101-112 d	3.00	2.83	2.47
<u>1er Parto</u>			
0-5 d	2.00	2.00	2.00
6-35 d	2.55	2.25	2.55
36-70 d	2.00	2.25	2.55
71-100 d	2.25	2.25	2.55
101-112 d	3.25	3.19	2.55
<u>2° y 3er Parto</u>			
0-5 d	2.00	2.00	2.00
6-35 d	2.64	2.40	2.60
36-70 d	2.00	2.40	2.60
71-100 d	2.25	2.40	2.60
101-112 d	3.25	3.26	2.60
<u>4° y 5° Parto</u>			
0-5 d	2.00	2.00	2.00
6-35 d	2.64	2.60	2.57
36-70 d	2.00	2.60	2.57
71-100 d	2.25	2.60	2.57
101-112 d	3.25	3.30	2.57
		<u>Segunda gestación^f</u>	
<u>1er Parto</u>			
0-5 d	2.00	2.00	2.00
6-35 d	2.29	2.18	2.59
36-70 d	2.25	2.18	2.58
71-100 d	2.25	2.18	2.58
101-112 d	3.25	3.13	2.58
<u>2° Parto</u>			
0-5 d	2.00	2.00	2.00
6-35 d	2.30	2.56	2.63
36-70 d	2.25	2.56	2.63
71-100 d	2.25	2.56	2.63
101-112 d	3.25	3.28	2.63
<u>3° y 4° Parto</u>			
0-5 d	2.00	2.00	2.00
6-35 d	2.35	2.63	2.58
36-70 d	2.25	2.63	2.57
71-100 d	2.25	2.62	2.57
101-112 d	3.25	3.30	2.57
<u>5° y 6° Parto</u>			
0-5 d	2.00	2.00	2.00
6-35 d	2.30	2.74	2.62
36-70 d	2.25	2.74	2.62
71-100 d	2.25	2.74	2.62
101-112 d	3.25	3.30	2.62

^aLos datos son presentados en Kilogramos de alimento por día

^bLa cantidad de alimento proporcionada en gestación fue asignada en función a la condición corporal evaluada visualmente al momento de la monta

^cLa cantidad de alimento proporcionada en gestación fue asignada en función del peso y la cantidad de grasa dorsal al momento de la monta

^dLa cantidad de alimento proporcionada en gestación fue asignada a partir del peso a la monta y los objetivos de ganancia de peso y tamaño de camada

^eParidad de las hembras al inicio del experimento

^fParidad de las hembras al inicio de la segunda fase del experimento

El cuadro 8 muestra la cantidad de alimento en kilogramos, y de energía metabolizable (EM) que consumieron las cerdas en los diferentes tratamientos durante la primera y segunda gestación, así como el exceso de EM consumida en relación al requerimiento total.

Cuadro 8. Consumo total de alimento y energía metabolizable durante las dos gestaciones del período experimental, por tratamiento^{a,b}

	Tratamiento 1 ^c	Tratamiento 2 ^d	Tratamiento 3 ^e
	Primera gestación		
Número de hembras	112	113	104
Número de parto promedio ^f	1.94	1.94	1.94
Consumo de alimento, Kg	263.7 ^j ± 1.33	269.1 ^k ± 3.36	287.8 ^l ± 1.22
Consumo de EM, Mcal	817.4 ^j ± 4.11	834.2 ^k ± 10.42	892.1 ^l ± 3.79
Excedente de EM vs. Req, % ^{g,h}	2.43 ^j ± 1.53	2.95 ^j ± 1.46	11.25 ^k ± 1.46
	Segunda gestación		
Número de hembras	97	89	80
Número de parto promedio ^f	2.59	2.65	2.78
Consumo de alimento, Kg	271.5 ^j ± 0.33	292.7 ^k ± 3.13	293.6 ^k ± 1.42
Consumo de EM, Mcal	841.8 ^j ± 2.04	907.5 ^k ± 9.71	910.1 ^k ± 4.40
Excedente de EM vs. Req, % ^{g,i}	1.85 ^j ± 0.88	9.01 ^k ± 1.18	8.03 ^k ± 0.84

^aLos datos representan la media ± error estándar

^bEl alimento contenía 3.1 Mcal de energía metabolizable por Kg

^cLa cantidad de alimento proporcionada en gestación fue asignada en función a la condición corporal evaluada visualmente al momento de la monta

^dLa cantidad de alimento proporcionada en gestación fue asignada en función del peso y la cantidad de grasa dorsal al momento de la monta

^eLa cantidad de alimento proporcionada en gestación fue asignada a partir del peso a la monta y los objetivos de ganancia de peso y tamaño de camada

^fPromedio ponderado de la edad productiva

^gRequerimiento total = requerimiento para mantenimiento + requerimiento para crecimiento materno + requerimiento para el desarrollo de los productos de la concepción

^hTratamiento 1 n=46; Tratamiento 2 n=46; Tratamiento 3 n=39

ⁱTratamiento 1 n=93; Tratamiento 2 n=88; Tratamiento 3 n=78

^{j,k,l}Medias con superíndice diferente en el mismo renglón son diferentes ($P < 0.05$)

El consumo de alimento y de EM de las cerdas que recibieron el tratamiento 3, durante el primer ciclo productivo fue un 9% mayor, respecto al tratamiento 1, y un 7% superior a las cerdas asignadas al tratamiento 2 (287.8, 263.7 y 269.1 Kg de alimento; 892.1, 817.4 y 834.2 Mcal de EM en los tratamientos 3, 1 y 2, respectivamente). A diferencia de lo observado durante la primera gestación, el consumo de alimento entre los tratamientos 2 y 3, fue 8% superior respecto al consumo de las cerdas asignadas al tratamiento 1. De igual manera, el consumo de energía fue 8% superior en los tratamientos 2 y 3, respecto al tratamiento 1 (907.5 y 910.1 vs. 841.8 Mcal EM, para tratamientos 2, 3 vs. 1, respectivamente).

En el cuadro 8 también se indica la diferencia entre el consumo de alimento asignado a cada una de las cerdas de los diferentes tratamientos y el requerimiento total de energía metabolizable (EM), establecido por el NRC (1998), entre la monta y los 112 días de gestación, resultando en un exceso en todos los casos.

En el cuadro 9 se indica por número de parto la diferencia entre el consumo de alimento asignado a cada una de las cerdas de los diferentes tratamientos y el requerimiento total de energía metabolizable (EM), establecido por el NRC (1998), entre la monta y los 112 días de gestación.

Cuadro 9. Consumo excedente de energía metabolizable vs. el requerimiento total de energía metabolizable durante las dos gestaciones del período experimental, por número de parto en %^{a,b}

	Tratamiento 1 ^c		Tratamiento 2 ^d		Tratamiento 3 ^e	
	Primera gestación^f					
Reemplazos	+2.53 ±	2.82	-2.99 ±	3.25	+17.40 ±	0.93
1er Parto	+8.77 ±	3.48	+7.94 ±	1.74	+11.68 ±	2.98
2º y 3er Parto	-1.01 ±	2.69	-0.30 ±	2.19	+5.00 ±	1.94
4º y 5º Parto	+1.27 ±	3.12	+10.11 ±	3.44	+13.65 ±	3.72
	Segunda gestación^g					
1er Parto	+4.67 ±	1.97	+2.46 ±	1.70	+11.93 ±	1.19
2º Parto	+2.72 ±	1.48	+13.77 ±	1.53	+9.46 ±	1.71
3º y 4º Parto	+0.67 ±	1.41	+9.02 ±	1.70	+4.63 ±	1.36
5º y 6º Parto	-2.88 ±	2.05	+17.33 ±	5.97	+6.06 ±	1.81

^aLos datos representan la media ± error estándar

^bRequerimiento total = requerimiento para mantenimiento + requerimiento para crecimiento materno + requerimiento para el desarrollo de los productos de la concepción

^cLa cantidad de alimento proporcionada en gestación fue asignada en función a la condición corporal evaluada visualmente al momento de la monta

^dLa cantidad de alimento proporcionada en gestación fue asignada en función del peso y la cantidad de grasa dorsal al momento de la monta

^eLa cantidad de alimento proporcionada en gestación fue asignada a partir del peso a la monta y los objetivos de ganancia de peso y tamaño de camada

^fNúmero de parto al inicio del experimento, Tratamiento 1: Reemplazos n=14, 1er Parto n=9, 2º y 3er Parto n=14, 4º y 5º Parto n=9; Tratamiento 2: Reemplazos n=9, 1er Parto n=11, 2º y 3er Parto n=18, 4º y 5º Parto n=8; Tratamiento 3: Reemplazos n=8, 1er Parto n=10, 2º y 3er Parto n=12, 4º y 5º Parto n=9

^gNúmero de parto al inicio de la segunda fase del experimento Tratamiento 1: 1er Parto n=25, 2º Parto n=29, 3er y 4º Parto n=25, 5º y 6º Parto n=14; Tratamiento 2: 1er Parto n=26, 2º Parto n=20, 3er y 4º Parto n=33, 5º y 6º Parto n=9; Tratamiento 3: 1er Parto n=17, 2º Parto n=25, 3er y 4º Parto n=22, 5º y 6º Parto n=14

6.3. Cambios de peso en las hembras

Cuadro 10. Peso de las hembras al inicio y final de la gestación, por tratamiento^{a,b,i}

	Tratamiento 1 ^c	Tratamiento 2 ^d	Tratamiento 3 ^e
	Primera gestación		
Número de hembras	122	113	104
Peso a la monta, Kg	193.69 ± 3.05	197.53 ± 3.58	198.04 ± 3.49
Condición Visual a la monta	1.85 ± 0.04	1.84 ± 0.04	1.84 ± 0.04
Peso al día 112, Kg ^f	253.79 ± 4.89	257.35 ± 4.74	260.28 ± 4.84
Condición Visual a los 112 días ^f	2.40 ± 0.04	2.43 ± 0.03	2.42 ± 0.03
Ganancia total, Kg ^f	58.17 ± 2.15	60.67 ± 2.02	58.05 ± 3.06
Ganancia total, % ^f	30.94 ± 1.48	32.25 ± 1.47	30.81 ± 2.12
Peso Materno, Kg ^{f,g}	228.51 ± 4.66	231.94 ± 4.65	234.86 ± 4.91
Ganancia Materna, Kg ^f	32.89 ± 2.05	35.27 ± 1.99	32.64 ± 2.79
Ganancia Materna, % ^f	17.74 ± 1.24	18.97 ± 1.23	17.67 ± 1.65
	Segunda Gestación		
Número de hembras	116	112	100
Peso a la monta, Kg	211.36 ± 2.80	218.28 ± 3.55	219.72 ± 2.90
Condición Visual a la monta	1.92 ± 0.03	1.94 ± 0.02	1.91 ± 0.03
Peso al día 112, Kg ^h	268.60 ± 2.74	271.13 ± 3.07	275.60 ± 3.08
Condición Visual a los 112 días ^h	2.45 ± 0.02	2.48 ± 0.01	2.46 ± 0.02
Ganancia total, Kg ^h	56.90 ± 1.38	57.03 ± 1.37	57.21 ± 1.46
Ganancia total, % ^h	27.71 ± 0.88	27.79 ± 0.98	26.90 ± 0.88
Peso Materno, Kg ^{i,g}	242.37 ± 2.56	244.35 ± 3.11	248.76 ± 3.01
Ganancia Materna, Kg ^h	30.67 ± 1.44	30.25 ± 1.29	30.37 ± 1.47
Ganancia Materna, % ^h	15.22 ± 0.84	14.95 ± 0.78	14.44 ± 0.78

^aLos datos representan la media ± error estándar

^bEl cálculo solo tomó en cuenta a las hembras con datos a los 112 días de gestación

^cLa cantidad de alimento proporcionada en gestación fue asignada en función a la condición corporal evaluada visualmente al momento de la monta

^dLa cantidad de alimento proporcionada en gestación fue asignada en función del peso y la cantidad de grasa dorsal al momento de la monta

^eLa cantidad de alimento proporcionada en gestación fue asignada a partir del peso a la monta y los objetivos de ganancia de peso y tamaño de camada

^fTratamiento 1 n=47; Tratamiento 2 n=46; Tratamiento 3 n=39

^gEl peso materno se calculó con la ecuación de predicción de Dourmad *et al.* (1997): Peso en báscula a 112 días de gestación-Productos de la concepción, donde Productos de la concepción= Contenido uterino (Kg) =0.3+1.329(Peso de la camada en Kg); Placenta (Kg) = -0.2+0.227(Peso de la camada en Kg); Líquidos = -0.2+0.143(Peso de la camada en Kg)

^hTratamiento 1, n=93; Tratamiento 2 n=89; Tratamiento 3 n=78

ⁱMedias con superíndice diferente en el mismo renglón son diferentes ($P < 0.05$)

Cuadro 11. Ganancia de peso total y materno durante la gestación por número de parto^{a,b}

	Tratamiento 1 ^c		Tratamiento 2 ^d		Tratamiento 3 ^e	
<u>Ganancia peso total</u>	<u>Primera gestación^f</u>					
Reemplazos	63.21	± 3.53	66.89	± 3.19	68.25	± 1.59
1er Parto	59.00	± 3.79	58.64	± 2.86	67.40	± 4.28
2º y 3er Parto	60.93	± 3.86	62.44	± 4.09	62.00	± 3.46
4º y 5º Parto	46.50	± 4.89	52.50	± 3.55	33.33	± 6.57
	<u>Segunda gestación^g</u>					
1er Parto	64.44	± 2.28	64.58	± 2.18	65.47	± 1.86
2º Parto	58.93	± 2.15	58.60	± 2.33	60.64	± 2.29
3º y 4º Parto	52.56	± 2.32	54.42	± 2.20	54.32	± 2.58
5º y 6º Parto	47.00	± 3.86	42.90	± 2.73	45.57	± 3.38
<u>Ganancia peso materno</u>	<u>Primera gestación^f</u>					
Reemplazos	40.62	± 3.04	41.62	± 2.70	42.95	± 1.14
1er Parto	32.44	± 2.47	34.90	± 3.36	40.25	± 4.07
2º y 3er Parto	33.17	± 3.83	36.06	± 3.72	35.71	± 3.57
4º y 5º Parto	22.10	± 5.04	26.87	± 4.75	10.91	± 5.85
	<u>Segunda gestación^g</u>					
1er Parto	41.41	± 2.90	37.49	± 1.92	39.36	± 1.80
2º Parto	31.22	± 1.83	30.80	± 2.42	33.59	± 2.64
3º y 4º Parto	23.34	± 2.32	27.21	± 2.15	26.55	± 2.41
5º y 6º Parto	23.46	± 3.16	20.37	± 3.06	19.70	± 3.11

^aLos datos representan la media ± error estándar

^bEl cálculo solo tomó en cuenta a las hembras con datos a los 112 días de gestación

^cLa cantidad de alimento proporcionada en gestación fue asignada en función a la condición corporal evaluada visualmente al momento de la monta

^dLa cantidad de alimento proporcionada en gestación fue asignada en función del peso y la cantidad de grasa dorsal al momento de la monta

^eLa cantidad de alimento proporcionada en gestación fue asignada a partir del peso a la monta y los objetivos de ganancia de peso y tamaño de camada

^fNúmero de parto al inicio del experimento, Tratamiento 1: Reemplazos n=14, 1er Parto n=9, 2º y 3er Parto n=14, 4º y 5º Parto n=10; Tratamiento 2: Reemplazos n=9, 1er Parto n=11, 2º y 3er Parto n=18, 4º y 5º Parto n=8; Tratamiento 3: Reemplazos n=8, 1er Parto n=10, 2º y 3er Parto n=12, 4º y 5º Parto n=9

^gNúmero de parto al inicio de la segunda fase del experimento Tratamiento 1: 1er Parto n=25, 2º Parto n=29, 3er y 4º Parto n=25, 5º y 6º Parto n=14; Tratamiento 2: 1er Parto n=26, 2º Parto n=20, 3er y 4º Parto n=33, 5º y 6º Parto n=10; Tratamiento 3: 1er Parto n=17, 2º Parto n=25, 3er y 4º Parto n=22, 5º y 6º Parto n=14

6.4. Cambios en la composición corporal de las hembras durante la gestación

Cuadro 12. Ganancia de grasa y proteína corporal durante la gestación por tratamiento^{a,b,c}

	Tratamiento 1 ^d	Tratamiento 2 ^e	Tratamiento 3 ^f
Primera gestación			
Número de hembras	47	46	39
Ganancia grasa corporal, Kg	6.42 ^g ± 0.66	9.11 ^h ± 0.78	8.54 ^{g,h} ± 0.88
Ganancia grasa corporal, %	16.04 ^g ± 1.67	25.49 ^h ± 2.44	23.14 ^{g,h} ± 2.50
Ganancia proteína corporal, Kg	6.34 ± 0.37	6.21 ± 0.34	5.76 ± 0.49
Ganancia proteína corporal, %	23.57 ± 1.85	22.03 ± 1.54	20.97 ± 2.20
Segunda gestación			
Número de hembras	93	89	78
Ganancia grasa corporal, Kg	9.36 ± 0.48	9.90 ± 0.43	10.14 ± 0.48
Ganancia grasa corporal, %	24.29 ± 1.47	25.04 ± 1.52	25.04 ± 1.30
Ganancia proteína corporal, Kg	5.12 ± 0.24	4.89 ± 0.23	4.87 ± 0.25
Ganancia proteína corporal, %	16.35 ± 0.93	15.60 ± 0.91	14.81 ± 0.89

^aLos datos representan la media ± error estándar

^bPara determinar la composición corporal se utilizaron las ecuaciones de predicción de Dourmad *et al.* (1997) Grasa corporal = $-26.4+0.221(\text{Peso vivo vacío})+1.331(\text{Grasa dorsal en P2})$ y Proteína corporal = $2.28+0.178(\text{Peso vivo vacío})-0.333(\text{Grasa dorsal en P2})$

^cEl cálculo solo tomó en cuenta a las hembras con datos a los 112 días de gestación

^dLa cantidad de alimento proporcionada en gestación fue asignada en función a la condición corporal evaluada visualmente al momento de la monta

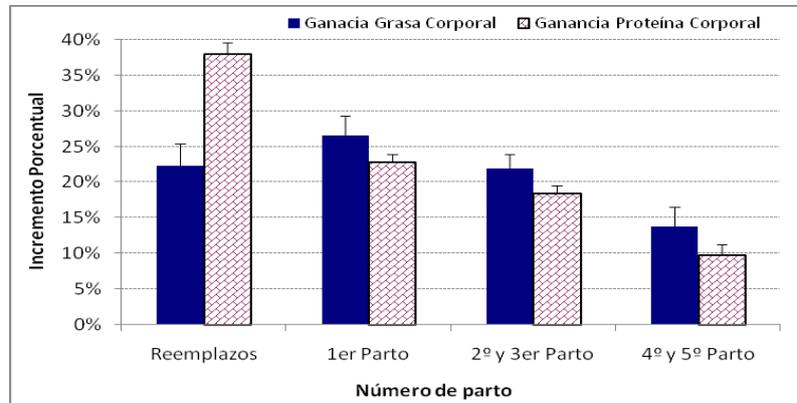
^eLa cantidad de alimento proporcionada en gestación fue asignada en función del peso y la cantidad de grasa dorsal al momento de la monta

^fLa cantidad de alimento proporcionada en gestación fue asignada a partir del peso a la monta y los objetivos de ganancia de peso y tamaño de camada

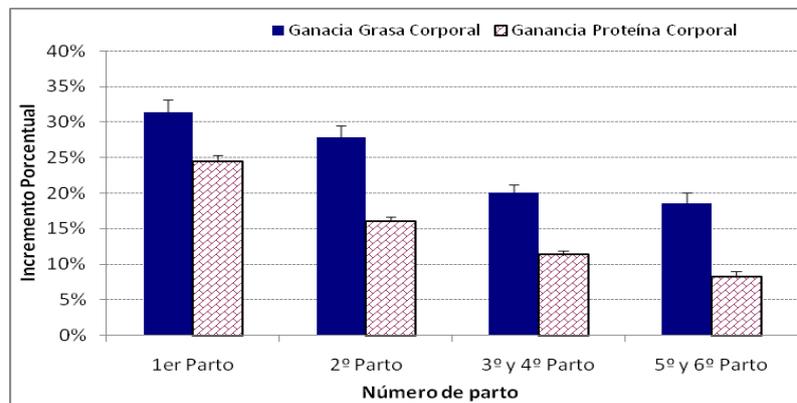
^{g,h}Medias con superíndice diferente en el mismo renglón son diferentes ($P < 0.05$)

La gráfica 3 muestra la ganancia porcentual de grasa y proteína corporal de las hembras, entre la monta y el día 112 de gestación, por número de parto.

a) Primera Gestación



b) Segunda Gestación



Gráfica No. 3.- Cambio en la composición corporal entre la monta y el día 112 de gestación, expresada en porcentaje, por número de parto

6.5. Consumo de alimento en lactancia

Cuadro 13. Consumo de alimento y energía metabolizable en lactancia en los dos periodos experimentales, por tratamiento^{a,b,h}

	Tratamiento 1 ^c	Tratamiento 2 ^d	Tratamiento 3 ^e
		Primera lactación	
Número de hembras	116	109	99
Consumo alimento, Kg	105.2 ± 1.06	106.6 ± 1.00	106.3 ± 0.90
Consumo EM, Mcal	347.3 ± 3.50	351.8 ± 3.31	350.9 ± 2.98
Faltante para cubrir Req. total, % ^f	-14.43 ± 2.17	-10.99 ± 2.11	-10.07 ± 1.95
		Segunda lactación	
Número de hembras	81	83	69
Consumo alimento, Kg	111.7 ± 0.70	112.7 ± 0.67	112.6 ± 1.18
Consumo EM, Mcal	368.6 ± 2.30	372.0 ± 2.19	371.4 ± 3.88
Faltante para cubrir Req. total, % ^g	-7.67 ± 2.64	-11.46 ± 2.35	-14.02 ± 1.29

^aLos datos representan la media ± error estándar

^bSe consideraron únicamente las hembras con datos de consumo durante toda la lactancia (18 días)

^cLa cantidad de alimento proporcionada en gestación fue asignada en función a la condición corporal evaluada visualmente al momento de la monta

^dLa cantidad de alimento proporcionada en gestación fue asignada en función del peso y la cantidad de grasa dorsal al momento de la monta

^eLa cantidad de alimento proporcionada en gestación fue asignada a partir del peso a la monta y los objetivos de ganancia de peso y tamaño de camada

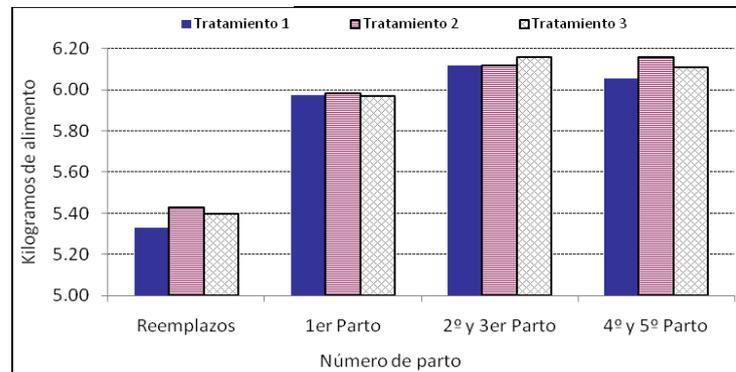
^fPara el cálculo del requerimiento de energía metabolizable en lactancia se consideraron únicamente las hembras con datos de consumo durante toda la lactancia (18 días) y de su camada hasta el destete, Tratamiento 1 n=46; Tratamiento 2 n=43; Tratamiento 3 n=35, Requerimiento

^gPara el cálculo del requerimiento de energía metabolizable en lactancia se consideraron únicamente las hembras con datos de consumo durante toda la lactancia (18 días) y de su camada hasta el destete, Tratamiento 1 n=32; Tratamiento 2 n=23; Tratamiento 3 n=26

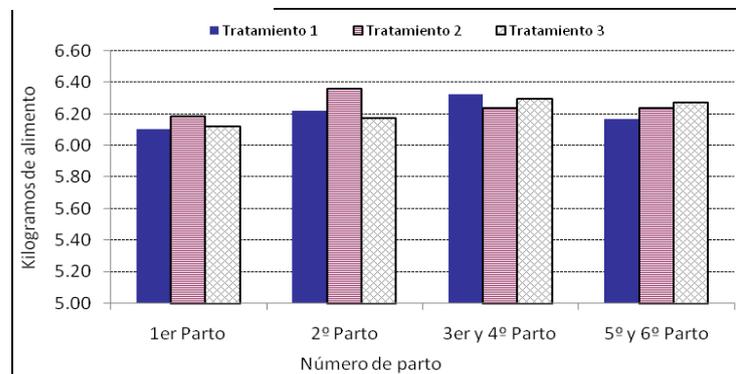
^hMedias con superíndice diferente en el mismo renglón son diferentes ($P < 0.05$)

En la gráfica 4 se puede observar el consumo promedio de las cerdas lactantes por parto en los dos períodos experimentales:

a) Primera lactancia



b) Segunda lactancia



Gráfica No. 4.- Consumo promedio en lactancia, para los diferentes partos

6.6. Cambios corporales de las hembras durante la lactancia

Cuadro 14. Cambios corporales de las hembras durante la lactancia, en los dos periodos experimentales, por tratamiento^{a,b,i}

	Tratamiento 1 ^c	Tratamiento 2 ^d	Tratamiento 3 ^e
	Primera lactación		
Número de hembras	47	46	39
Peso materno ^f	228.51 ± 4.66	231.94 ± 4.65	234.86 ± 4.91
Peso al destete ^g	210.93 ± 2.77	218.01 ± 3.51	219.72 ± 2.90
Pérdida de peso, Kg	-17.22 ± 1.55	-15.80 ± 1.39	-15.76 ± 2.03
Pérdida de peso, %	-7.61 ± 0.66	-6.73 ± 0.55	-6.63 ± 0.01
Pérdida de grasa corporal, Kg	-6.80 ± 0.57	-7.18 ± 0.47	-5.89 ± 0.72
Pérdida de grasa corporal, %	-14.77 ± 1.24	-14.81 ± 0.92	-12.20 ± 1.51
Pérdida de proteína corporal, Kg	-2.65 ± 0.24	-2.23 ± 0.25	-2.56 ± 0.33
Pérdida de proteína corporal, %	-7.37 ± 0.62	-5.98 ± 0.62	-6.68 ± 0.89
	Segunda lactación		
Número de hembras	85	85	75
Peso materno ^f	242.37 ± 2.56	244.35 ± 3.11	248.76 ± 3.01
Peso al destete ^h	233.93 ± 2.806	233.15 ± 3.109	235.63 ± 3.141
Pérdida de peso, Kg	-9.49 ± 1.59	-9.49 ± 1.40	-12.00 ± 1.49
Pérdida de peso, %	-3.84 ± 0.65	-3.85 ± 0.58	-4.82 ± 0.62
Pérdida de grasa corporal, Kg	-4.56 ± 0.50	-5.06 ± 0.44	-5.25 ± 0.50
Pérdida de grasa corporal, %	-8.81 ± 0.97	-9.97 ± 0.83	-10.11 ± 1.00
Pérdida de proteína corporal, Kg	-1.46 ± 0.26	-1.34 ± 0.24	-1.88 ± 0.25
Pérdida de proteína corporal, %	-3.72 ± 0.67	-3.35 ± 0.65	-4.69 ± 0.64

^aLos datos representan la media ± error estándar

^bEl cálculo solo tomó en cuenta a las hembras con datos del día 112 de gestación y del destete

^cLa cantidad de alimento proporcionada en gestación fue asignada en función a la condición corporal evaluada visualmente al momento de la monta

^dLa cantidad de alimento proporcionada en gestación fue asignada en función del peso y la cantidad de grasa dorsal al momento de la monta

^eLa cantidad de alimento proporcionada en gestación fue asignada a partir del peso a la monta y los objetivos de ganancia de peso y tamaño de camada

^fEl peso materno se calculó con la ecuación de predicción de Dourmad *et al.* (1997): Peso en báscula a 112 días de gestación-Productos de la concepción, donde Productos de la concepción= Contenido uterino (Kg) = 0.3+1.329(Peso de la camada en Kg); Placenta (Kg) = -0.2+0.227(Peso de la camada en Kg); Líquidos = -0.2+0.143(Peso de la camada en Kg)

^gTratamiento 1 n=116; Tratamiento 2 n=112; Tratamiento 3 n=100

^hTratamiento 1 n=93; Tratamiento 2 n=89; Tratamiento 3 n=78

ⁱMedias con superíndice diferente en el mismo renglón son diferentes ($P < 0.05$)

6.7. Productividad por tratamiento

Cuadro 15. Productividad de la hembra en los dos períodos experimentales por tratamiento^{a,b,i}

	Tratamiento 1 ^c	Tratamiento 2 ^d	Tratamiento 3 ^e
Primer período experimental			
Gestación			
Número de hembras	122	113	104
Fertilidad Servicio primera repetición, %	93.94	90.84	88.28
Fertilidad Servicio Parto, %	92.42	86.26	82.81
Nacidos Totales	10.82 ± 0.24	10.62 ± 0.24	10.96 ± 0.23
Nacidos Vivos	9.72 ± 0.24	9.62 ± 0.21	10.17 ± 0.21
Peso camada al nacimiento	14.64 ± 0.32	14.58 ± 0.30	15.34 ± 0.33
Peso individual al nacimiento	1.530 ± 0.020	1.536 ± 0.020	1.517 ± 0.017
Maternidad			
Número de hembras	116	110	99
Destetados por hembra	9.40 ± 0.12	9.35 ± 0.11	9.51 ± 0.11
Peso camada al destete	58.03 ± 1.03	58.53 ± 1.05	58.15 ± 1.04
Intervalo destete estro ^f	4.25 ± 0.06	4.67 ± 0.31	4.17 ± 0.33
Segundo período experimental			
Gestación			
Número de hembras	93	89	78
Fertilidad Servicio a primera repetición, %	92.45	92.93	92.13
Fertilidad Servicio Parto, %	91.51	90.91	92.13
Nacidos Totales	9.99 ± 0.29	10.12 ± 0.23	10.35 ± 0.25
Nacidos Vivos	9.20 ± 0.27	9.37 ± 0.21	9.49 ± 0.23
Peso camada al nacimiento	15.50 ± 0.45	15.82 ± 0.37	15.92 ± 0.38
Peso individual al nacimiento	1.709 ± 0.027	1.704 ± 0.025	1.696 ± 0.028
Maternidad			
Número de hembras	80	81	70
Destetados por hembra	9.35 ± 0.14	9.63 ± 0.11	9.71 ± 0.12
Peso camada al destete ^g	56.90 ± 1.87	58.64 ± 2.67	62.58 ± 1.25
Intervalo destete estro ^h	4.21 ± 0.10	4.16 ± 0.08	4.51 ± 0.34

^aLos datos representan la media ± error estándar

^bEl cálculo solo tomó en cuenta a las hembras con datos al parto

^cLa cantidad de alimento proporcionada en gestación fue asignada en función a la condición corporal evaluada visualmente al momento de la monta

^dLa cantidad de alimento proporcionada en gestación fue asignada en función del peso y la cantidad de grasa dorsal al momento de la monta

^eLa cantidad de alimento proporcionada en gestación fue asignada a partir del peso a la monta y los objetivos de ganancia de peso y tamaño de camada

^fTratamiento 1 n=106; Tratamiento 2 n=98; Tratamiento 3 n=86

^gTratamiento 1 n=34; Tratamiento 2 n=24; Tratamiento 3 n=26

^hTratamiento 1 n=85; Tratamiento 2 n=85; Tratamiento 3 n=75

ⁱMedias con superíndice diferente en el mismo renglón son diferentes ($P < 0.05$)

7. DISCUSIÓN

La temperatura promedio de las casetas de gestación durante el experimento fue menor a la temperatura crítica inferior para hembras gestantes alojadas individualmente, la cual es de 20 a 23°C (Noblet *et al.*, 1989) por lo que se redujo la eficiencia del uso de la EM provista por el alimento, esta reducción es calculada entre 3.6 y 4.3 Kilocalorías (Kcal) por (Kg de peso)^{0.75} por cada °C por debajo de 20°C (Noblet *et al.*, 1997)

La alimentación en los tratamientos 1 y 2 se proporcionó en función a la condición corporal al momento de la monta, evaluada visualmente en el tratamiento 1, o a través del peso y la grasa dorsal en el tratamiento 2, sin embargo Gill, (2006), afirma, que en lo que se refiere a hembras nulíparas, el tener una mayor profundidad de la grasa dorsal a la monta, no tiene ningún efecto residual al momento del parto o al destete de la primera camada, siempre y cuando durante la gestación se alimenta a llenar los requerimientos de proteína y energía; por su parte Dourmad *et al.* (1996) aseveran que la composición corporal de las hembras múltiparas a la monta, no tiene efecto en los cambios de la composición corporal o en la ganancia de peso en la siguiente gestación, lo único que se observa es que la retención de nitrógeno es más temprana en las hembras que movilizaron mayores niveles de sus reservas corporales en la lactancia previa; este anabolismo gestacional, observado en múltiparas, está relacionado a la pérdida de proteína corporal durante la lactancia previa, que reduce la cantidad de agua corporal, por lo que la recuperación de la relación proteína-agua durante la gestación temprana, hace más eficiente la ganancia materna (Noblet *et al.*, 1990).

La ganancia de peso maternal en hembras gestantes es altamente dependiente del nivel de alimentación durante la gestación, por lo que a mayor consumo en gestación resulta en mayor ganancia de peso en ese período (Weldon *et al.*, 1994a), esto no ocurrió en el presente experimento, ya que durante la primera gestación las hembras del tratamiento 3 consumieron significativamente más de alimento, $p < 0.05$ (9%) en relación a las del tratamiento 1 y sin embargo la ganancia materna expresada en porcentaje no muestra ninguna diferencia (17.74% en el tratamiento 1 vs. 17.67% en el tratamiento 3), lo mismo sucedió en la segunda gestación, donde el consumo de alimento fue 8% mayor en el tratamiento 3 que en el tratamiento 1 y las ganancias maternas no fueron diferentes e incluso fueron superiores en el tratamiento 1 (15.22% en el tratamiento 1 vs. 14.44% en el tratamiento 3). Lo que sí se modificó fue la composición de la ganancia materna, tal como lo reportan Noblet *et al.* (1990) quienes concluyen que en condiciones de termo neutralidad, incrementos en el consumo de energía, resultan en un incremento en el contenido energético de la ganancia, esta energía retenida se incrementa más rápidamente que la ganancia maternal por si misma y es en forma de grasa, lo que explica que las hembras del tratamiento 3 ganan más grasa corporal que las del tratamiento 1 (23.14% vs. 16.04% en el

tratamiento 3 y 1 respectivamente en la primera gestación), lo que concuerda con lo reportado por Kusina *et al.*, (1999) en el sentido que la composición grasa de la ganancia maternal puede ser manipulada por medio de la dieta de gestación.

Los tres tratamientos tuvieron ganancias de proteína corporal muy semejantes durante las dos gestaciones, a pesar de que el tratamiento 1 consumió significativamente menos alimento en los dos períodos experimentales (263.7 kilogramos de alimento en el tratamiento 1 vs. 269.1 y 287.8 de los tratamientos 2 y 3 durante la primera gestación; y 271.5 kilogramos de alimento consumidos en el tratamiento 1 vs. 292.7 y 293.6 de los tratamientos 2 y 3 durante la segunda gestación), esto pudiera ser debido a que el alimento del tratamiento 1 se administró estratégicamente, dando mayores cantidades cuando es mayor la retención de nitrógeno por parte de las hembras gestantes (6 a 35 días de gestación) y cuando más nutrientes requieren (a partir de los 100 días de gestación y hasta el parto); en la revisión de la literatura hecha por Dourmad *et al.* (1996), explican que los cambios en la retención de nitrógeno a lo largo de la gestación son debidos a la secreción de algunas hormonas de la preñez, hay un incremento temporal del nivel de estrógenos del día 20 al 40 de gestación, después las concentraciones de estas hormonas se mantienen muy bajas hasta el día 70 y a partir de este momento se incrementan de manera lineal hasta el parto, este último incremento es de origen feto placentar, lo que concuerda con lo observado por Ji *et al.* (2005) en el sentido que el cambio en la tasa de deposición de nutrientes en la mayoría de los tejidos de la hembra gestante ocurre a partir de los 70 días de preñez.

En la gráfica 3 se observa que en las hembras nulíparas la ganancia de peso está basada más en proteína y menos en grasa, lo que concuerda con lo reportado por Young *et al.* (2005), quienes concluyen que para que las nulíparas alcancen niveles semejantes de ganancia de grasa que las múltiparas, requieren más ganancia de peso materno. En la misma gráfica se puede observar que a medida que las hembras avanzan en edad, los crecimientos porcentuales son menores, tanto para grasa como para proteína, lo que concuerda con lo propuesto por Pettigrew and Yang (1997) en el sentido que la capacidad de deposición de proteína probablemente decline con la edad de las cerdas, lo que por definición nos llevaría a cero cuando se alcanzara la masa magra madura.

En el tratamiento 3, las hembras de todos los partos crecieron de manera diferente al objetivo que se marcó al asignarles la cantidad de alimento a proporcionar, en general la diferencia se debió al peso maternal (42.95 vs. 35; 40.25 vs. 30; 35.71 vs. 22.5; 10.91 Kg obtenidos vs. 15 Kg objetivo para: reemplazos; primeros partos; segundos y terceros partos; cuartos y quintos partos respectivamente, durante la primera gestación) y no al del crecimiento de los productos de la concepción, lo que concuerda con lo reportado por Cooper *et al.*, (2001) y por Young *et al.*

(2005) en el sentido que el NRC (1998), sub estima la ganancia maternal en hembras jóvenes porque su ganancia es mucho más eficiente al estar basada en proteína y sobre estima el crecimiento maternal en cerdas viejas porque su ganancia contiene mucha más proporción de grasa, que es menos eficiente.

El menor crecimiento materno observado en el tratamiento 3 vs. el tratamiento 2 en las cerdas de 4^o y 5^o parto (10.91 kilogramos de ganancia materna del tratamiento 3 vs. 26.87 del tratamiento 2), cuando se asignaron cantidades de alimento muy parecidas entre los días 6 y 99 de preñez (2.60 Kg de alimento por día en el tratamiento 2 vs. 2.57 en el tratamiento 3), se explica porque a partir del día 100, en el tratamiento 2, esta cantidad se incrementó a 3.30 Kg por día, tratando de compensar el incremento del requerimiento de energía para mantenimiento (dado que las hembras eran más pesadas al final de la gestación) y al mayor nivel de nutrientes requeridos para soportar el crecimiento de los productos de la concepción y con esto evitar que se movilicen las reservas corporales (Noblet *et al.* 1990), mientras que en el tratamiento 3 la cantidad de alimento proporcionado no varió del día 100 al 112.

El peso individual al nacimiento no se afectó por la alimentación durante la gestación en ninguno de los períodos experimentales (1.53, 1.53 y 1.51 kilogramos en la primera gestación y 1.71, 1.70 y 1.70 en la segunda gestación), lo que concuerda con los datos presentados por Revell *et al.*, 1998b y Sinclair *et al.*, 2001 que señalan que un mayor consumo de alimento en gestación incrementa la ganancia de peso de la hembra, pero tiene poco efecto en el peso del lechón al nacimiento, probablemente debido a la resistencia a la insulina que se presenta en el último tercio de la gestación (Père *et al.*, 2000).

Las cerdas de los tres tratamientos, consumieron durante toda su gestación en promedio más EM que la suma del requerimiento para mantenimiento, para crecimiento materno y para el crecimiento de los productos de la concepción (+2.43%, +2.95%, +11.25% en los tratamientos 1, 2 y 3, respectivamente de la primera gestación y +1.85%, +9.01% y +8.03% en los tratamientos 1, 2 y 3, respectivamente en la segunda gestación), si se comparan únicamente los datos del tratamiento 2 entre la primera y la segunda gestación, hay una diferencia muy importante en el excedente de EM consumida contra el requerimiento total (+2.95% de la primera gestación vs. +9.01% de la segunda gestación), esto se explica porque en la primera gestación, los reemplazos del tratamiento 2 fueron alimentados por debajo del requerimiento total, cubriendo solamente el 97% del requerimiento, y en la segunda gestación ya no había reemplazos.

Al hacer un intervalo de confianza, para analizar el exceso de EM consumida en relación al requerimiento total en los tratamientos 1 y 2 durante la primera gestación, se observa que con un 95% de confianza, que la media (μ), pudiera estar en un límite inferior del 99.33% del

requerimiento total, por lo que sería difícil hablar de problemas de subalimentación durante la gestación, es más probable que lo que se presenten sean problemas por sobrealimentación.

El principal problema de sobrealimentar a las cerdas en gestación es el menor consumo de alimento en la lactancia (Pettigrew and Yang, 1997), sobre todo al inicio de esta etapa productiva, pues en las hembras delgadas, la mayor concentración de insulina incrementa el transporte de glucosa de la sangre a los tejidos, ocasionando que, para tratar de mantener la concentración adecuada de glucosa en la sangre se aumente el consumo de alimento; por el contrario, en las cerdas obesas, la secreción de insulina es menor, lo que provoca que no sea suficiente la glucosa movilizada hacia los tejidos, y la cerda debe comenzar a utilizar sus reservas grasas desde el inicio de la lactancia (Weldon *et al.*, 1994a); en la segunda semana de lactancia, se incrementa la producción de leche, y el consumo de alimento aún no ha llegado al máximo, por lo que la cerda requiere de seguir utilizando sus reservas corporales para soportar este incremento (Revell *et al.*, 1998a; Clowes *et al.*, 2003b), a partir de la tercera semana de lactación, el consumo de alimento se incrementa, sin importar la cantidad de grasa corporal al parto, pues para entonces, la grasa dorsal se ha reducido y consecuentemente la leptina, (Quesnel *et al.*, 2005).

En el caso de los lechones nacidos vivos, existe una diferencia numérica económicamente muy importante a favor del tratamiento 3 (10.17 LNV en el tratamiento 3 vs. 9.72 y 9.62 LNV de los tratamientos 1 y 2 de la primera fase del experimento y 9.71 LNV en el tratamiento 3 vs. 9.35 y 9.63 de los tratamientos 1 y 2 de la segunda fase del experimento), esta diferencia no llegó a ser estadística ($p > 0.05$) debido a la varianza tan grande que presenta esta variable.

El consumo de alimento en lactancia no mostró diferencias significativas ($p > 0.05$) en los dos períodos experimentales (105.2, 106.6 y 106.3 Kg de alimento consumido durante la primera lactancia para los tratamientos 1, 2 y 3 respectivamente y 111.7, 112.7 y 112.6 Kg en la segunda lactancia para los tratamientos 1, 2 y 3 respectivamente), independientemente de la crecimiento de grasa corporal acumulada durante la gestación.

El peso de la camada al destete no mostró diferencias significativas (58.03, 58.53 y 58.15 Kg en los tratamientos 1, 2 y 3 respectivamente en la primera lactación, 56.90, 58.64 y 62.58 Kg en los tratamientos 1, 2 y 3 respectivamente en la segunda lactación), lo que era esperado al no haber encontrado diferencia en el consumo de alimento de las hembra en lactancia, ya que el consumo de alimento juega un papel fundamental en el desarrollo y la salud de los lechones (McNamara and Pettigrew, 2002; Wu *et al.*, 2004).

En los dos períodos experimentales, las cerdas no lograron cubrir sus requerimientos totales de EM en la lactancia a través del consumo de

alimento (-14.3%, -10.99%, -10.07% en los tratamientos 1, 2 y 3 de la primera lactancia; -7.67%, -11.46%, -14.02% de la segunda lactancia), por lo que tuvieron que movilizar sus reservas corporales, perdiendo tanto grasa como proteína corporal en las dos lactancias del período experimental (6.80, 7.18, 5.89 Kg de grasa corporal y 2.65, 2.23, 2.56 Kg de proteína corporal para el tratamiento 1, 2 y 3 en la primera lactancia respectivamente y 4.56, 5.06, 5.25 Kg de grasa corporal y 1.46, 1.34 y 1.88 Kg de proteína corporal para el tratamiento 1, 2 y 3 de la segunda lactancia respectivamente), lo que concuerda con lo reportado por Quesnel *et al.* (2005) quienes encuentran que todas las hembras en lactancia tienen un balance energético negativo y por lo tanto movilizan sus reservas, tanto proteicas como grasas; Clowes *et al.*, (1998) reportan que aún con el máximo consumo voluntario, las hembras comerciales modernas frecuentemente movilizan proteína corporal durante la lactancia; lo que se agrava si la proteína de la dieta es limitada, pues la hembra se hace más dependiente de la movilización de su proteína corporal para soportar la lactancia (Clowes *et al.*, 2003b)

La pérdida de proteína corporal fue de 7.37%, 5.98% y 6.68% para el tratamiento 1, 2 y 3 respectivamente en la primera lactación y de 3.72%, 3.35% y 4.69% en la segunda lactancia; de acuerdo con Clowes *et al.* (2003a) con estos niveles de pérdida no se esperaría un efecto reproductivo posterior, pues reportan que pérdidas de la proteína corporal de hasta el 12% no interfieren con el desempeño productivo de la hembra, lo que concuerda con los resultados obtenidos en el presente experimento, donde no se encuentran diferencias significativas en el intervalo destete estro (4.25, 4.67 y 4.17 en los tratamientos 1, 2 y 3 respectivamente en la primera lactancia y 4.21, 4.16 y 4.51 en los tratamientos 1, 2 y 3 respectivamente en la segunda lactancia).

8. IMPLICACIONES

La implementación de programas de alimentación para la cerda gestante, que utilicen: el peso y la edad de la cerda a la monta, los objetivos de ganancia de peso y la esperanza de tamaño de la camada, así como los conocimientos existentes en relación a los cambios fisiológicos que se suceden durante esta etapa, permitiría proporcionarle una mejor nutrición, lo que se reflejaría en mayores rendimientos reproductivos y en su longevidad. La utilización de estos datos, permite definir los momentos en los que una mayor cantidad de alimento es necesaria, evitando con ello la obesidad y la subalimentación de la cerda, eventos ambos, que tienen importantes consecuencias durante la lactancia y gestación posterior.

9. LISTA DE ABREVIATURAS

%	Porcentaje
ANDEVA	Análisis de varianza
EM	Energía Metabolizable
gr	Gramo
IDE	Intervalo destete estro
IM	Intra muscular
Kcal	Kilocalorías
Kg	Kilogramos
LH	Hormona Luteinizante
LNV	Lechones Nacidos Vivos
Mcal	Megacalorías
mcgr	Microgramos
mg	Miligramos
ml	Mililitros
mm	Milímetros
NRC	National Research Council
°C	Grados Centígrados

10. REFERENCIAS

1. Aherne FX and Kirkwood RN, 1985, Nutrition and sow prolificacy, *J. Reprod. Fertil. Suppl.* 33:169–183
2. Aherne FX, and Williams IH, 1992, Nutrition for optimizing herd performance. *Vet. Clinics N. America: Food Animal Practice* 8:589–608
3. Aherne FX, 1999, Feeding the gestating sow to achieve backfat targets, *Breeding Management Workshop*, Pages 33–38 in *Proc. Allen D. Lemay Conf.*, St. Paul, MN
4. Balderas M, 2003, Composición corporal como herramienta para la predicción de la función productiva y reproductiva en cerdas, Tesis de Maestría, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM
5. Barb CR, Yan X, Azain MJ, Kraeling RR, Rampacek GB, Ramsay TG, 1998, Recombinant porcine leptin reduces feed intake and stimulates growth hormone secretion in swine, *Domest Anim Endocrinol*, 15: 77–86
6. Cia C, Edwards SA, Glasgow VL, Shanks M, and Fraser H, 1998, Modification of body composition by dietary protein to energy ratio during rearing and the effect on reproductive performance of gilts. *Anim. Sci.* 66:457–463
7. Close PJ, Noblet J and Heavens RP, 1985, Studies on the energy metabolism of the pregnant sow. 2. The partition and utilization of metabolizable energy intake in pregnant and nonpregnant animals. *Br. J. Nutr.* 53:267-279
8. Clowes EJ, Williams IH, Baracos VE, Pluske JR, Cegielski AC, Zak LJ, and Aherne FX, 1998, Feeding lactating primiparous sows to establish three divergent metabolic states: II. Effect of nitrogen partitioning and skeletal muscle composition, *J. Anim. Sci.* 76:1154–1164
9. Clowes EJ, Aherne FX, Foxcroft GR, and Baracos VE, 2003a, Selective protein loss in lactating sows is associated with reduced litter growth and ovarian function, *J. Anim. Sci.* 81:753–764
10. Clowes EJ, Aherne FX, Schaefer AL, Foxcroft GR and Baracos VE, 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
11. Cooper DR, Patience JF, Zijlstra RT and Rademacher M, 2001, Effect of energy and lysine intake in gestation on sow performance, *J. Anim. Sci.* 79:2367–2377
12. De Lange CFM, Birkett SH and Morel PCH, Protein, Fat and Bone Tissue Growth in Swine pages 65-81 in Lewis AJ and Southern LL, *Swine Nutrition*, 2nd edition, 2001, CRC Press LLC, USA.
13. Dourmad JY, Etienne M, Prunier A and Noblet J, 1994, The effect of energy and protein intake of sows on their longevity: A review. *Livest. Prod. Sci.* 40:87–97

14. Dourmad JY, Etienne M and Noblet J, 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.* 74:2211–2219
15. Dourmad JY, Etienne M and Noblet J, 1997, Prédiction de la composition chimique des truies reproductrices à partir du poids vif et de l'épaisseur de lard dorsal. Application à la définition des besoins énergétiques, *J Rech Porcine France*, 29: 255–262
16. Ferket PR, van Heugten E, van Kempen TATG and Angel R, 2002, Nutritional strategies to reduce environmental emissions from nonruminants. *J. Anim. Sci.* 80(E. Suppl. 2):E168-E182
17. Foxcroft GR, Elsaesser F, Stickney K, Haynes NB and Back HL, 1984, Ovarian oestrogen-dependent maturation of the LH/FSH surge mechanism during prepubertal development in the gilt. *J. Endocrinol.* 101:371–380
18. García-Rendón A, 2006, La Importancia de Utilizar un Criterio de Investigador para incrementar la Eficiencia de las Granjas Porcinas, en Memorias de la V Jornada Internacional de Producción Porcina, México DF.
19. Gill BP, 2006, Body composition of breeding gilts in response to dietary protein and energy balance from thirty kilograms of body weight to completion of first parity, *J. Anim. Sci.* 84:1926–1934
20. Iwasawa T, Young MG, Keegan TP, Tokach MD, Dritz SS, Goodband RD, DeRouchey JM and Nelssen JL, Comparison of heart girth or flank-to-flank measurements for predicting sow weight, Swine Day 2004, Kansas State University
21. Ji F, Wu G, Blanton JR, Kim W Jr. and S., 2005, Changes in weight and composition in various tissues of pregnant gilts and their nutritional implications, *J Anim Sci.* 83:366-375
22. Kim SW, Baker DH and Easter RA, 2001, Dynamic ideal protein and limiting amino acids for lactating sows: the impact of amino acid mobilization, *J. Anim. Sci.* 79:2356–2366
23. King RH and Brown WG, 1993, Interrelationships between dietary protein level, energy intake, and nitrogen retention in pregnant gilts, *J. Anim. Sci.* 71:2450-2456
24. Koketsu Y, Dial GD, Pettigrew JE, Marsh WE and King VL, 1996, Influence of imposed feed intake patterns during lactation on reproductive performance and on circulating levels of glucose, insulin, and luteinizing hormone in primiparous sows. *J. Anim. Sci.* 74:1036-1046
25. Koketsu Y, 2005, Six component intervals of nonproductive days by breeding-female pigs on commercial farms, *J. Anim. Sci.* 83:1406–1412
26. Kusina J, Pettigrew JE, Sower A, White M, Crooker B and Hathaway, 1999, Effect of Protein Intake During Gestation and

- Lactation on the Lactational Performance of Primiparous Sows, *J. Anim. Sci.* 77:931–941
27. Leturque A, Burnol AF, Ferré P and Girard J, 1984, Pregnancy-induced insulin resistance in the rat: Assessment by glucose clamp technique. *Am. J. Physiol.* 9:E25–E31
 28. McNamara JP and Pettigrew JE, 2002, Protein and fat utilization in lactating sows: I. Effects on milk production and body composition, *J Anim Sci.* 80:2442-2451
 29. Mullan B P and Williams IH, 1989, The effect of body reserves at farrowing on the reproductive performance of first-litter sows, *Anim. Prod.* 48:449–457
 30. Noblet J, Close WH and Heavens RP, 1985, Studies on the energy metabolism of the pregnant sow I. Uterus and mammary tissue development, *Br. J. Nutr.* 53:251-265
 31. Noblet J, and Etienne M, 1986, Effect of energy level in lactating sows on yield and composition of milk and nutrient balance of piglets, *J. Anim. Sci.* 63:1888–1896
 32. Noblet J, Dourmad JY, Le Dividich J, and Dubois S, 1989. Effect of ambient temperature and addition of straw or alfalfa in the diet on energy metabolism in pregnant sows. *Livest. Prod. Sci.* 21:309–324
 33. Noblet J, Dourmad JY and Etienne M, 1990, Energy utilization in pregnant and lactating sows: Modeling of energy requirements, *J. Anim. Sci.* 68:562–572
 34. Noblet J, Shi XS, and Dubois S, 1993, Energy cost of standing activity in sows. *Livest. Prod. Sci.* 34:127–136
 35. Noblet J, Dourmad JY, Etienne M and Le Dividich J, 1997, Energy metabolism in pregnant sows and newborn pigs, *J Anim Sci.* 75:2708-2714.
 36. NRC, 1998, *Nutrient Requirements of Swine*, 10th ed. National Academy Press, Washington, DC
 37. Père MC, 1995, Maternal and fetal blood levels of glucose, lactate, fructose and insulin in the conscious pig. *J. Anim. Sci.* 73:2994–2999
 38. Père MC, Dourmad JY and Etienne M, 1997, Effect of number of pig embryos in the uterus on their survival and development and on maternal metabolism. *J. Anim. Sci.* 75:1337–1342
 39. Père MC, Etienne M and Dourmad JY, 2000, Adaptations of glucose metabolism in multiparous sows: Effects of pregnancy and feeding level, *J. Anim. Sci.* 78:2933–2941
 40. Père MC, and Etienne M, 2007, Insulin sensitivity during pregnancy, lactation, and postweaning in primiparous gilts, *J Anim Sci.* 85:101-110
 41. Pettigrew JE and Yang H, 1997, Protein nutrition of gestating sows, *J Anim Sci.* 75:2723-2730
 42. Quesnel H, Mejía-Guadarrama CA, Dourmad JY, Farmer Ch, Prunier A, 2005, Dietary protein restriction during lactation in

- primiparous sows with different live weights at farrowing: I. Consequences on sow metabolic status and litter growth, *Reprod. Nutr. Dev.* 45:39–56
43. Revell DK, Williams IH, Mullan BP, Ranford JL and Smits RJ, 1998a, Body composition at farrowing and nutrition during lactation affect the performance of primiparous sows: I. Voluntary feed intake, weight loss, and plasma metabolites, *J Anim Sci.* 76:1729-1737
 44. Revell DK, Williams IH, Mullan BP, Ranford JL and Smits RJ, 1998b, Body composition at farrowing and nutrition during lactation affects performance of first-litter sows. II. Milk composition, milk yield and piglet growth. *J. Anim. Sci.* 76: 1738–1744
 45. Rentería JA, Cuarón JA y Mejía-Guadarrama CA, Manejo y alimentación de la cerda gestante, páginas 91-117 en Mejía GCA, Cuarón IJA, Rentería FJA, Braña VD, Mariscal LG, Gómez RS. Alimentación del hato reproductor porcino. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. INIFAP-SAGARPA. Libro Científico No.1, Colón, Qro., México.2007.
 46. Sinclair AG, Bland VC and Edwards SA, 2001, The influence of gestation feeding strategy on body composition of gilts at farrowing and response to dietary protein in a modified lactation, *J Anim Sci.* 79:2397-2405
 47. Tantasuparuk W, Dalin A-M, Lundeheim N, Kunavongkrit A, Einarsson S, 2001, Body weight loss during lactation and its influence on weaning-to-service interval and ovulation rate in Landrace and Yorkshire sows in the tropical environment of Thailand, *Animal Reproduction Science* 65:273–281
 48. Trottier NL, and Johnston LJ, 2001, Feeding gilts during development and sows during gestation and lactation. Page 725–769 in *Swine Nutrition*. 2nd ed. A. J. Lewis and L. L. Southern, ed., CRC Press, New York.
 49. van den Brand H, Dieleman SJ, Soede NM and Kemp B, 2000, Dietary energy source at two feeding levels during lactation of primiparous sows: I. Effects on glucose, insulin, and luteinizing hormone and on follicle development, wean-to-estrus interval, and ovulation rate. *J. Anim. Sci.* 78:396–404
 50. van der Peet-Schwering CMC, Kemp B, Binnendijk GP, den Hartog LA, Vereijken PFG and Verstegen MWA, 2004, Effects of additional starch or fat in late-gestating high nonstarch polysaccharide diets on litter performance and glucose tolerance in sows, *J Anim Sci.* 82:2964-2971
 51. Weldon WC, Lewis AJ, Louis GF, Kovar JL, Giesemann MA and Miller PS, 1994a, Postpartum hypophagia in primiparous sows: I. Effects of gestation feeding level on feed intake, feeding behavior,

- and plasma metabolite concentrations during lactation. *J. Anim. Sci.* 72:387-394
52. Weldon WC, Lewis AJ, Louis GF, Kovar JL, Miller PS, 1994b, Postpartum hypophagia 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
 53. Whittemore C, 1998, Pages 91–130 and 421–454 in: *The Science and Practice of Pig Production*. 2nd ed. Blackwell Science Ltd., London, U.K
 54. Wu G, Bazer FW, Cudd TA, Meininger CJ and Spencer TE, 2004, Maternal nutrition and fetal development. *J. Nutr.* 134:2169–2172
 55. Xue JL, Koketsu Y, Dial GD, Pettigrew JE, Sower A, 1997, Glucose tolerance, luteinizing hormone release, and reproductive performance of first-litter sows fed two levels of energy during gestation. *J Anim Sci*, 75: 1845–1852
 56. Yang H, Foxcroft GR, Pettigrew JE, Johnson LJ, Shurson GC, Costa AN and Zak LJ, 2000a, Impact of dietary lysine intake during lactation on follicular development and oocyte maturation after weaning in primiparous sows. *J. Anim. Sci.* 78:993–1000
 57. Yang H, Pettigrew JE, Johnson LJ, Shurson GC, Wheaton JE, White ME, Koketsu Y, Sower SF and Rathmacher JA, 2000b, Effects of dietary lysine intake during lactation on blood metabolites, hormones, and reproductive performance in primiparous sows. *J. Anim. Sci.* 78:1001–1009
 58. Young MG, Tokach MD, Goodband RD, Nelssen JL and Dritz SS, 2001, The relationship between body condition score and backfat in gestating sows, Swine Day 2001, Kansas State University
 59. Young MG, Tokach MD, Aherne FX, Main RG, Dritz SS, Goodband RD and Nelssen JL, 2004, Comparison of three methods of feeding sows in gestation and the subsequent effects on lactation performance, *J. Anim. Sci.* 82:3058–3070
 60. Young MG, Tokach MD, Aherne FX, Main RG, Dritz SS, Goodband RD and Nelssen JL, 2005, Effect of sow parity and weight at service on target maternal weight and energy for gain in gestation, *J. Anim. Sci.* 83:255–261
 61. Zak LJ, Cosgrove JR., Aherne FX and Foxcroft GR, 1997, Pattern of feed intake and associated metabolic and endocrine changes differentially affect postweaning fertility in primiparous lactating sows. *J. Anim. Sci.* 75:208–216

ÍNDICE DE CUADROS

Número	Título	Página
1	Composición de las dietas	17
2	Alimentación en Maternidad	18
3	Alimento proporcionado en el tratamiento 1 a partir del día 6 y hasta el día 35 de gestación	19
4	Cantidad de alimento proporcionado a partir del día 6 y hasta el día 100 de gestación en tratamiento 2, Kg/día	19
5	Ganancia de peso esperada por número de parto en tratamiento 3, Kg	20
6	Número de hembras a la monta por tratamiento y por número de parto, en los dos períodos experimentales	24
7	Alimento proporcionado en la gestación por tratamiento y por número de parto, en los dos períodos experimentales	27
8	Consumo total de alimento y energía metabolizable durante las dos gestaciones del período experimental, por tratamiento	28
9	Consumo excedente de energía metabolizable vs. el requerimiento total de energía metabolizable durante las dos gestaciones del período experimental, por número de parto en %	29
10	Peso de las hembras al inicio y final de la gestación, por tratamiento	30
11	Ganancia de peso total y materno durante la gestación por número de parto	31
12	Ganancia de grasa y proteína corporal durante la gestación por tratamiento	32
13	Consumo de alimento y energía metabolizable en lactancia en los dos períodos experimentales, por tratamiento	34
14	Cambios corporales de las hembras durante la lactancia, en los dos períodos experimentales, por tratamiento	36
15	Productividad de la hembra en los dos períodos experimentales por tratamiento	37

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Número	Título	Página
1	Consumo diario de alimento durante la gestación de los diferentes tratamientos experimentales	25
2	Alimentación durante la gestación por número de parto y tratamiento en los dos períodos experimentales	26
3	Cambio en la composición corporal entre la monta y el día 112 de gestación, expresada en porcentaje, por número de parto	33
4	Consumo promedio en lactancia, para los diferentes partos	35