

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

PROGRAMA DE ZOOTECNIA

DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

ADICIÓN DE GRASA EN DIETAS DE GESTACIÓN Y LACTANCIA SOBRE EL
COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DE LA CERDA

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL

PRESENTA:

GABRIELA GUTÍERREZ ARGOTE



14 de abril de 1997

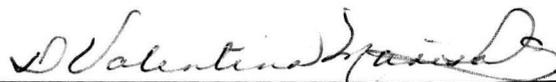
Chapingo, Estado de México.

DX 86756
-15 3034

**“ADICIÓN DE GRASA EN DIETAS DE GESTACIÓN Y LACTANCIA SOBRE EL
COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DE LA CERDA”**

Tesis realizada por Gabriela Gutiérrez Argote bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL

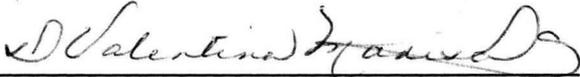
DIRECTOR: 
Ph. D. D. VALENTINA MARISCAL AGUAYO

ASESOR: 
Ph. D. MIGUEL CERVANTES
RAMÍREZ

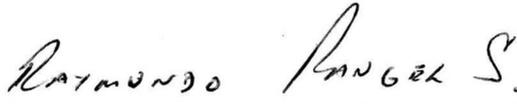
ASESOR: 
Ph.D. RAYMUNDO RANGEL
SANTOS
A. 31196

“ADICIÓN DE GRASA EN DIETAS DE GESTACIÓN Y LACTANCIA SOBRE EL
COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DE LA CERDA”

El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de Gabriela Gutiérrez Argote autor de
la presente tesis de Maestría en ciencias en Producción Animal estuvo constituido por:

PRESIDENTE: 
Ph. D. D. VALENTINA MARISCAL AGUAYO

ASESOR: 
Ph. D. MIGUEL CERVANTES RAMÍREZ

ASESOR: 
Ph. D. RAYMUNDO RANGEL SANTOS

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer primeramente a mis padres: Marco Antonio y Guillermina, todo el apoyo moral y económico que me brindaron, a pesar de estar tan lejos físicamente, y por ser mi motivo más grande para seguir adelante; así como a mis tías Rosa Ma. y Consuelo por su apoyo y ayuda en los momentos más difíciles. Y también a mis hermanos.

Además, deseo expresar mi más sincero agradecimiento al presidente de mi comité asesor y director de tesis Ph. D. D. Valentina Mariscal Aguayo, por su asesoría y enseñanzas, siempre motivándome a superarme académicamente, así como por su amistad.

A los demás miembros de mi comité asesor, Ph. D. Miguel Cervantes Ramírez y Ph. D. Raymundo Rangel Santos, gracias por sus sugerencias y comentarios al trabajo de investigación. También agradezco su colaboración al Ph. D. Tito Roque Vásquez Rojas y al Ph. D. Raymundo Rodríguez de Lara por sus observaciones y sugerencias.

No puedo dejar de agradecer al Ph. D. Ognian Vanguelov Bohorov, una de las personas que colaboró intensamente en el trabajo de campo y por sus acertadas observaciones al artículo científico y al trabajo final.

Agradezco también a la Universidad Autónoma Chapingo por el financiamiento otorgado, así como al Departamento de Zootecnia, porque a través de ellos logré alcanzar uno de mis más anhelados propósitos.

A todas las personas que de una u otra manera se vieron involucradas en este trabajo, muchas gracias.

CONTENIDO

Resumen	
Summary	
Lista de cuadros	vii
Lista de figuras	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
1. CARACTERÍSTICAS DE LA CERDA	
1.1. Pubertad	3
1.2. Estro	4
1.3. Tasa de ovulación y de concepción	6
2. GESTACIÓN	
2.1. Duración	7
2.2. Establecimiento y endocrinología	7
2.3. Mortalidad embrionaria	8
2.4. Requerimientos de energía y proteína	10
3. LACTANCIA	
3.1. Duración	11
3.2. Endocrinología	11
3.3. Producción de leche	12
3.4. Requerimientos de energía y proteína	13
4. FACTORES QUE AFECTAN LA REPRODUCCIÓN EN LA CERDA	
4.1. Ambientales	13
4.2. Nutricionales	15
4.3. Genéticos	16
5. RELACIÓN NUTRICIÓN/REPRODUCCIÓN	
5.1. Insulina y su relación con el comportamiento reproductivo	18
6. INGREDIENTES ENERGÉTICOS UTILIZADOS EN DIETAS PARA CERDOS Y SUS IMPLICACIONES	
6.1. Suplementación de grasa en raciones para cerdas	21
III. MATERIALES Y MÉTODOS	29
Localización y clima	29
EXPERIMENTO 1	
Animales	29
Instalaciones	30
Alojamiento y manejo de las hembras	31
Dietas	32
Toma de muestras de sangre	33
Análisis hormonal	34

Análisis estadístico	34
EXPERIMENTO 2	
Animales	37
Alojamiento	37
Tratamientos	37
Análisis estadístico	39
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
Experimento 1	42
Experimento 2	59
V. CONCLUSIONES	71
VI. RECOMENDACIONES	71
VII. LITERATURA CITADA	72
VIII. APÉNDICE	79

ADICIÓN DE GRASA EN DIETAS DE GESTACIÓN Y LACTANCIA SOBRE EL COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DE LA CERDA

Gutiérrez, A. G. y V. Mariscal A.

RESUMEN

Se realizaron dos experimentos con la finalidad de evaluar el efecto de la suplementación del 10% más de los requerimientos de EM/d sobre la reproducción de la cerda. Se utilizó grasa de pollo como fuente energética partir del día 109 de gestación hasta el día 28 postparto, sobre la reproducción de la cerda. En el experimento 1 se utilizaron 15 cerdas gestantes: 8 primerizas y 7 multíparas de las cruzas Yorkshire/Landrace y Landrace/Yorkshire, apareadas con dos sementales de raza Yorkshire y Hampshire, y distribuidas a 8 tratamientos de acuerdo al número de parto, semental y dieta. Las dietas consistieron en un alimento comercial (testigo) y alimento comercial + grasa de pollo (experimental). Al inicio del experimento, inmediatamente después del parto, a los 14 y 28 d postparto, las hembras fueron pesadas y se les colectó una muestra de sangre para medir las concentraciones de insulina (INS); además se midió el consumo de alimento a partir del día 109 de gestación hasta el parto (CAG), y durante la lactancia (CAL), los intervalos destete-estro y concepción (IDE, IDC), lechones nacidos vivos y muertos (LNV, LNM), peso de la camada al nacimiento (PCN) y consumo de alimento de la camada (CAC). Por efecto de la dieta, sólo fueron significativos IDE e IDC, y por parto, CAG y CAL, peso vivo, LNM, CAC e INS fueron significativos. El experimento 2 fue semejante al experimento 1, excepto que se utilizaron 17 cerdas multíparas, las cuales se aparearon con el mismo semental (Y). Las hembras se distribuyeron a dos tratamientos: dieta comercial (testigo) y dieta comercial + grasa de pollo (experimental). Se incluyeron, además de las variables consideradas en el experimento 1, peso de la camada a los 7 (PC7), 14 (PC14), 21 (PC21) y 28 (PC28)d, lechones destetados (LD) y porcentaje de mortalidad en lactancia (%ML). El CAG, CAL y CAC, fueron significativos, así como el promedio de las concentraciones de insulina. De lo anterior, se concluye que la adición del 10% de los requerimientos de EM/d en forma de grasa de pollo, no mejora el comportamiento reproductivo de la cerda.

Palabras clave: Energía, Suplementación, Porcinos, Reproducción, Insulina.

FAT ADDITION IN GESTATION AND LACTATION DIETS ON REPRODUCTIVE PERFORMANCE OF SOW

SUMMARY

Two experiments were conducted to determine the effect of addition of 10% more of ME/d requirements on reproduction performance of the sow. Chicken fat was used from day 109 of gestation to 28 days postpartum. Experiment 1 was carried out with utilized 15 crossbred pregnant sows (Y/L and L/Y): 8 primiparous and 7 multiparous, mating with 2 different boars (Y and H); distributed to 8 treatments in accordance with parturition, boar and diet. Diets were: commercial feedstuff (control) and commercial feedstuff + chicken fat (experimental). Sows were weighted and blood samples were collected at beginning of experiment, after parturition, 14 and 28 days postpartum. to determine insulin concentrations (INS). The variables were feed intake from day 109 of gestation to farrow (CAG) and lactation (CAL), intervals from weaning to estrus (IDE) and conception (IDC), piglets born live (LNV) and dead (LNM), litter birth weight (PCN) and litter feed intake (CAC). Addition of fat affected IDE and IDC, and with regard to number of farrow, CAG, CAL, live weight, LNM, CAC and INS were different. The experiment 2 was similar to Exp. 1. In this case 17 multiparous sows were mated with the same boar (Y). Females were distributed to 2 treatments: commercial feedstuff (control) and commercial feedstuff + chicken fat (experimental). In addition to the variables measured in Exp.1 some more variables were included in Exp. 2: litter weight at 7 (PC7), 14 (PC14), 21 (PC21) and 28 (PC28) days, weaned pigs (LD) and mortality percentage during lactation (%ML). CAG, CAL, CAC, and INS average were significant. The addition of 10% more of energy requirements did not improve the reproductive performance of the sow.

KEY WORDS: Energy, Supplementation, Swine, Reproduction, Insulin.

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Asignación de las cerdas a los tratamientos en el experimento 1	30
Cuadro 2. Composición de la dieta proporcionada a las cerdas durante la gestación y la lactancia	33
Cuadro 3. Composición energética de la grasa de pollo	33
Cuadro 4. Asignación de las cerdas a los tratamientos en el experimento 2	38
Cuadro 5. Efecto de la dieta sobre el consumo de alimento y peso corporal de las cerdas durante gestación y lactancia	43
Cuadro 6. Efecto del número de parto sobre el consumo de alimento, ganancia de peso en gestación y peso corporal de las cerdas durante gestación y lactancia	44
Cuadro 7. Efecto de la dieta sobre el comportamiento de la camada	50

Cuadro 8. Efecto del número de parto sobre el comportamiento de la camada	51
Cuadro 9. Efecto de la dieta sobre el intervalo destete-estro (IDE) e intervalo destete-concepción (IDC)	54
Cuadro 10. Efecto del número de parto sobre el intervalo destete-estro (IDE) e intervalo destete-concepción (IDC)	54
Cuadro 11. Efecto de la dieta sobre las concentraciones plasmáticas de insulina durante la gestación y la lactancia	55
Cuadro 12. Efecto del número de parto sobre las concentraciones plasmáticas de insulina durante la gestación y la lactancia	55
Cuadro 13. Efecto de la dieta sobre el consumo de alimento, ganancia de peso en gestación y peso corporal de cerdas multíparas durante la gestación y la lactancia	60
Cuadro 14. Efecto de la dieta sobre el comportamiento de la camada de cerdas multíparas	64

**Cuadro 15. Efecto de la dieta sobre el intervalo destete-estro (IDE) e intervalo
destete-concepción (IDC) de cerdas multíparas 69**

**Cuadro 16. Efecto de la dieta sobre las concentraciones plasmáticas de insulina
durante la gestación y la lactancia de cerdas multíparas 71**

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Peso vivo (kg) en el día 109 de gestación (d109), inmediatamente después del parto (ID), el día 14 (d14) y 28 postparto (d28) de cerdas primerizas y multíparas 47
- Figura 2. Peso vivo (kg) en el día 109 de gestación (d109), inmediatamente después del parto (ID), el día 14 (d14) y 28 postparto (d28) de cerdas primerizas alimentadas con una dieta a base de maíz-sorgo adicionada o no con el 10% de los requerimientos de EM/d en forma de grasa de pollo 48
- Figura 3. Peso vivo (kg) en el día 109 de gestación (d109), día 14 (d14) y 28 postparto (d28) de cerdas multíparas alimentadas con una dieta a base de maíz-sorgo adicionada o no con el 10% de los requerimientos de EM/d en forma de grasa de pollo 49
- Figura 4. Concentraciones plasmáticas promedio de insulina (μ UI/ml) en el día 109 de gestación (d109), día 14 (d14) y 28 postparto (d28) de cerdas primerizas alimentadas con una dieta a base de maíz-sorgo adicionada o no con el 10% de los requerimientos de EM/d en forma de grasa de pollo 56

Figura 5. Concentraciones plasmáticas promedio de insulina ($\mu\text{UI/ml}$) en el día 109 de gestación (d109), día 14 (d14) y 28 postparto (d28) de cerdas multíparas alimentadas con una dieta a base de maíz-sorgo adicionada o no con el 10% de los requerimientos de EM/d en forma de grasa de pollo 57

Figura 6. Peso vivo (kg) en el día 109 de gestación (d109), inmediatamente después del parto (ID), día 14 (d14) y 28 postparto (d28) de cerdas multíparas alimentadas con una dieta a base de maíz-sorgo adicionada o no con el 10% de los requerimientos de EM/d en forma de grasa de pollo 58

Figura 7. Concentraciones plasmáticas promedio de insulina ($\mu\text{UI/ml}$) en el día 109 de gestación (d109), inmediatamente después del parto (ID), día 14 (d14) y 28 postparto (d28) de cerdas multíparas alimentadas con una dieta a base de maíz-sorgo adicionada o no con el 10% de los requerimientos de EM/d en forma de grasa de pollo 61

Figura 8. Peso de la camada al nacimiento (PN), a los 7 d (P7d) a los 14 d (P14d), a los 21 d (P21d) y al destete (P28d) de cerdas multíparas alimentadas con una dieta a base de maíz-sorgo adicionada o no con el 10% de los requerimientos de EM/d en forma de grasa de pollo 67

I. INTRODUCCIÓN

La industria porcícola en nuestro país está enfrentando actualmente la elevación de los costos de producción, como consecuencia de la crisis económica; lo cual está obligando al sector productivo a la aplicación de técnicas que mejoren la producción y disminuyan los altos costos. El área de reproducción, desafortunadamente no ha experimentado grandes cambios en investigación, siendo hasta los últimos años, que se le ha dado importancia a los animales de pie de cría, hembras y sementales. Sin embargo, no se ha tenido el éxito necesario para obtener una eficiencia reproductiva que permita incrementar en gran medida la producción, debido principalmente a la falta de apoyo económico para desarrollar investigación y a la falta de personal técnico capacitado (Araiza, 1994).

La relación nutrición/reproducción es un aspecto de gran complejidad, siendo controversial el efecto de la suplementación de grasas a la dieta de cerdas durante los últimos 15 días de la gestación y la lactancia, sobre el comportamiento productivo y reproductivo de la cerda, así como en la secreción de insulina. Dicho metabolito ejerce su efecto sobre la secreción de hormonas reproductivas como progesterona (P_4), estradiol (E_2), y hormona luteinizante (LH), para finalmente mejorar el comportamiento reproductivo, lo cual se ve reflejado en intervalos destete a estro y concepción más cortos.

Diversos autores (Pettigrew, 1981; Kirkwood *et al.*, 1990; Grandhi, 1992; NRA, 1995) mencionan los beneficios de la adición de grasa en la dieta, siendo éstos: disminución de la mortalidad de la camada debido a un incremento del contenido de grasa del calostro y de la leche, mayores pesos de la camada al destete, disminución de las pérdidas de peso de la hembra, intervalos destete a estro y concepción más cortos, y disminución del consumo, lo

cual implica un ahorro en la cantidad de granos incluida en la dieta, debido a que las grasas proporcionan una mayor cantidad de energía. Sin embargo, Ermer *et al.* (1995), Miller *et al.* (1995) y Tilton *et al.* (1995) no encontraron efecto significativo de adicionar grasa a la dieta sobre el comportamiento reproductivo.

Actualmente, existe controversia en los efectos de la suplementación de grasas con la finalidad de mejorar la eficiencia reproductiva en cerdas, lo cual pudiera deberse a que se han utilizado diversas fuentes de energía como el sebo, aceite de hígado de pescado, aceite de soya, aceite de maíz, aceite de cártamo, etc., al porcentaje de inclusión y a las características de los animales (raza, número de parto, peso, etc.).

En base a lo anterior, en el presente estudio se plantean los siguientes objetivos:

1.- Determinar el efecto que tiene la adición de grasa de pollo en la dieta, 15 días antes de la fecha probable de parto y durante 28 días de lactancia, sobre el comportamiento reproductivo de la cerda primeriza y multípara.

2.- Determinar el efecto de la suplementación de grasa de pollo sobre el comportamiento productivo de la camada.

3.- Evaluar el efecto de la adición de grasa de pollo sobre la concentración plasmática de insulina y su asociación con el comportamiento reproductivo de la cerda primeriza y multípara.

La hipótesis planteada, es que la adición del 10% de los requerimientos de energía metabolizable/día (EM/d) durante los últimos 15 d de la gestación y 28 d de lactancia, teniendo como fuente de energía grasa de pollo, favorece el comportamiento reproductivo de la cerda mediante un incremento de la concentración plasmática de insulina.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

1. CARACTERÍSTICAS DE LA CERDA

1.1. Pubertad

La pubertad se define como el momento en que las gónadas, ovario o testículo, liberan gametos, óvulos o espermatozoides (Saltiel, 1986).

La presentación de la pubertad se ve influenciada por algunos factores, tales como: genotipo, nutrición, estrés y contacto con el verraco. English y Smith (1985) y Flores (1987), mencionan que la cerda primeriza cruzada llega 20 d antes a la pubertad que la de raza pura, asimismo, si se le proporciona una dieta equilibrada y adecuada, en promedio, de 4 a 7 d después del traslado y reagrupación en fecha cercana a la pubertad, del 15 al 30% de las hembras presentarán celo, lo cual ha sido asociado con un incremento en la secreción de las hormonas que estimulan el desarrollo del eje hipotálamo-hipofisiario-gonadal. La influencia del verraco es a través de feromonas producidas en la glándula submaxilar y prepuccial, teniendo un mejor efecto el androstenol que se concentra en la glándula submaxilar, desencadenando en la hembra, cambios graduales en el comportamiento, tales como: disminución del consumo, intento de montas a otras cerdas, tumefacción y secreción mucosa de la vulva, emisión de gruñidos e inmovilización a la presencia del macho, entre otras.

Mavogenis y Robinson (1976) mencionan que la presencia de verracos reduce la edad (191 d vs 232 d) y el peso corporal (105 d vs 116 kg) a la pubertad.

Durante el período prepuberal, los ovarios contienen numerosos folículos pequeños (2-4 mm de diámetro) y de 8-15 folículos de tamaño mediano (6-8 mm de diámetro). El útero responde a la actividad esteroidogénica ovárica durante las últimas etapas del período

prepuberal, que es cuando los folículos alcanzan su mayor tamaño (8-10 mm de diámetro), provocando un incremento en el peso uterino (Hafez, 1989).

Las concentraciones de progesterona (P_4) en el plasma periférico durante el período prepuberal son bajas (2 ng/ml), persistiendo así durante todo el proestro, estro y principio del metaestro del primer ciclo estral (Shearer *et al.*, 1982).

Becerril (1986) menciona que la pubertad es alcanzada de los 6-7 meses, con un rango de 4-9 meses. Hafez (1989) señala que la raza Landrace alcanza la pubertad a menor edad que la Hampshire y la Yorkshire. Cuando se produce hibridación, la pubertad ocurre a los 228 días, en cambio, en cerdas de raza pura, se presenta a los 243 días. Dick (1971) en un experimento realizado con hembras Yorkshire, encontró que llegaban a la pubertad a la edad de 199.3 días.

1.2. Estro

La cerda se caracteriza por presentar ciclos estrales a lo largo de todo el año, clasificándose como poliéstrica continua; sólo la gestación o disfunciones endócrinas interrumpen el estro. El ciclo tiene una duración de 21 d, con un intervalo de variación de 18-24 d. El inicio del estro se caracteriza por un comportamiento característico: inquietud, gruñido frecuente, intento de monta a otras cerdas, tumefacción y secreción mucosa de la vulva, inmovilización a la presencia del macho y disminución del consumo de alimento. En cerdas primerizas, el período estral tiene una duración de 47 h, mientras que en cerdas múltiparas de 56 h, la receptividad sexual tiene una duración promedio de 40-60 h (Hafez, 1989).

Durante el estro se producen pequeñas cantidades de oxitocina, las cuales provocan contracciones rítmicas del miometrio, que se incrementan con la cópula, ocasionando que el

esperma que llega al útero se transporte rápidamente al oviducto (Copado, 1994).

En el ciclo estral se reconocen dos fases, la fase folicular, que comprende el proestro y el estro, y la fase lútea, que abarca el metaestro y el diestro. El proestro tiene una duración de 2 d, y se caracteriza por crecimiento folicular; la concentración de E_2 aumenta (40 pg/ml) y la P_4 desciende a niveles basales (< 5 ng/ml), aparecen cambios graduales en el comportamiento de la hembra, mostrando interés hacia el verraco, pero no acepta la monta. El estro dura de 2-3 d, los folículos alcanzan un tamaño de 9-11 mm, casi al final de esta etapa, ocurre la ovulación, y entonces, la hembra acepta la monta. Durante los 2 d siguientes al estro (metaestro), se inicia la formación de los cuerpos lúteos, así como la producción de P_4 . Durante el diestro, los cuerpos lúteos alcanzan su máximo desarrollo y la P_4 presenta valores máximos de 35 ng/ml; y en caso de no llevarse a cabo la preñez, entre los días 14-16, ocurre la regresión de dichos cuerpos lúteos por acción de las prostaglandinas $F_{2\alpha}$ (Valencia, 1991).

Hunter (1982) menciona que la fase folicular tiene una duración de 5 a 6 d, mientras que la fase lútea, 15 d; reportando concentraciones preovulatorias de LH y de progesterona, 4 a 5 y < 1 ng/ml, respectivamente; la P_4 , a mitad de la fase lútea alcanza niveles de 20-35 ng/ml.

Al igual que en otras especies, se observa un pequeño pico de hormona foliculo estimulante (FSH) al tiempo del pico preovulatorio de LH, comenzando de 1-9 h después de éste y con una duración de 19 h, alcanzando valores máximos de 11.3-11.5 ng/ml; las concentraciones máximas de LH fluctúan de 4.2 a 5.9 ng/ml y las de E_2 de 32.1 a 56.4 pg/ml; la prolactina, durante el proestro tiene concentraciones de .5-14 ng/ml, alcanzando un máximo de 19.8-77.4 ng/ml; y la P_4 , durante los días 5-6 del ciclo estral, de 13.1 a 23.8 ng/ml, mientras que en los días 12 a 14 del ciclo, alcanza niveles de 28.3 a 32.0 ng/ml (Van de Wiel *et al.*, 1981).

1.3 .Tasa de ovulación y de concepción

La ovulación es espontánea y ocurre hacia el final del celo, de 38-42 h después del inicio del ciclo estral, con una duración de 3.8 h; la tasa de ovulación está relacionada con la raza, edad y peso al apareamiento (Hafez, 1989).

Signoret *et al.* (1972) mencionan que la principal diferencia con otras especies, es que se maduran y liberan varios óvulos, siendo estos eventos influenciados por el apareamiento; la ovulación se presenta de 35-40 h después del inicio del estro y de la máxima concentración de LH, teniendo una duración de 1-4 h; Copado (1994) reporta un período de 30-36 h después del estro, para la ovulación, con la presencia de folículos de 8-11 mm. Además indica que el promedio de óvulos en cada estro, está influenciado por la edad, genotipo, nutrición, ambiente externo y el uso de hormonas.

La raza Yorkshire tiene en promedio una tasa ovulatoria de 17 para cerdas multíparas, y de 12.2 en primerizas (Rahnefeld y Swierstra, 1970).

La raza Landrace, en cerdas primerizas tiene en promedio una tasa ovulatoria de 11.5, y de 15.3 en multíparas (Dick, 1971).

Las líneas de Yorkshire tienen en promedio 13.8 cuerpos lúteos (CL), y cuando se cruzan con sementales de raza Duroc, el número de crías aumenta, teniendo un promedio de 0.37 lechones más al nacimiento que las camadas de raza pura; esto se explica porque con el cruzamiento de dos razas se están aprovechando las características individuales de cada una (Johnson y Omtvedt, 1973).

El tamaño de la camada se determina por el número de óvulos liberados, lo que a su vez también está influenciado por la raza, edad y nutrición, la fertilidad del semen utilizado, así como del momento de apareamiento (Scarborough, 1971).

La tasa de concepción suele ser del 90%, y no está relacionada con la tasa de ovulación (Hafez, 1989).

2.- GESTACIÓN

2.1 Duración

Gestación es el estado fisiológico durante el cual se desarrolla en el útero, uno o más productos, incluyendo, desde el momento de la fertilización hasta la expulsión del feto maduro. En esta especie, la gestación tiene una duración promedio de 114 ± 1.5 d (Valencia, 1991) y se caracteriza, además de la coneja, por la gran cantidad de óvulos que son fertilizados.

2.2. Establecimiento y endocrinología

Los óvulos son fecundados en el ampulla del oviducto, cuando los embriones llegan al útero (3-4 d después de la fertilización), éstos se encuentran divididos en cuatro células y es al quinto día cuando la segmentación avanza al estado de mórula, de los 6-8 d a blastocisto, los cuales se distribuyen a lo largo de los cuernos uterinos y para los días 11-13 se realiza la elongación del blastocisto (Hafez, 1989).

El CL se desarrolla al máximo el día 8 de la gestación y se mantiene hasta el final de ésta. Existen dos tipos de células lúteas, unas que miden de 30-50 y otras de 15-20 mm de diámetro, las cuales aumentan la producción de P_4 a valores máximos al día 12 y la disminuyen en forma gradual al día 104 de gestación. Las concentraciones de estrona no conjugada y de E_2 son medibles hasta el día 80 y aumentan a valores máximos (400 ng/ml) antes del parto (Hafez, 1989).

La P_4 alcanza niveles altos (40 ng/ml) a los 10 días siguientes al servicio y se

mantienen más o menos constantes (Becerril, 1986), disminuyendo en forma gradual a niveles de 20-25 ng/ml al día 104 de gestación (Hafez, 1989).

La concentración hipofisaria de FSH es alta y la de LH baja; la prolactina pudiera tener un efecto antigonal y su concentración es alta; además, los E₂ se encuentran en niveles bajos, lo cual influye en los niveles de LH y por lo tanto, se menciona que la cerda se encuentra en anestro (Valencia, 1991).

2.3. Mortalidad embrionaria

Entre las especies de interés zootécnico, la cerda presenta la mayor pérdida de embriones. Se ha detectado que de 30-40% de los óvulos fertilizados no se desarrollan hasta el final de la gestación y del 80-90% de esta pérdida, ocurre dentro de los primeros 30 d de la gestación. Las causas de esta elevada mortalidad son debidas, entre otras, a factores de espacio o aglomeración en el útero, genéticos, nutricionales e infecciosos; considerándose como eventos críticos la elongación del blastocisto, que tiene lugar entre los días 12-13, y la implantación, la cual ocurre en el día 24 (Becerril, 1986).

La pérdida embrionaria es un factor importante en esta especie. Aproximadamente, el 40% de los embriones se pierden durante la primera mitad de la gestación. Durante los primeros 18 d, la sobrevivencia embrionaria se reduce a 17%, a los 25 días, mueren 33% de los embriones, incrementándose a el 40% a los 50 d (Anderson, 1978).

Shaw *et al.* (1971) encontraron en cerdas primerizas, que la mortalidad embrionaria ocurría en un 66% entre los 4 y 20 d de gestación.

Las pérdidas prenatales y antes del destete, se han relacionado a factores como: edad de la cerda, consanguinidad, peso y tamaño de la camada, peso del semental y estación del año (Hafez, 1989).

A partir de los días 14-16 del apareamiento se incrementan las concentraciones de prostaglandinas $F_{2\alpha}$ ($PGF_{2\alpha}$), por lo que deben existir más de 4 embriones viables, para que por su producción de estrógenos, puedan contrarrestar el efecto luteolítico y la gestación se mantenga (Hunter, 1982; Becerril, 1986).

En un estudio realizado por Fahmy y Bernard (1971) observaron que la tasa de mortalidad de lechones Yorkshire, del nacimiento a las 20 semanas de edad, fue de 25.6%, de cuyo porcentaje, 7.2 ocurría al parto y 16.4 del nacimiento al destete, el promedio de número de momias era de 0.13/camada, siendo las principales causas de mortalidad, debilitamiento congénito e inanición.

Las cerdas que pierden peso corporal durante la lactancia, mobilizan sus reservas de grasa y almacenan hormonas esteroides, provocando un imbalance en los niveles hormonales que influyen la sobrevivencia embrionaria (Flint *et al.*, 1982, citados por Grandhi, 1992); estos cambios pueden afectar el tiempo de ovulación, lo cual dañaría la sobrevivencia embrionaria y por lo tanto, el tamaño de la camada de la siguiente gestación (Pope *et al.*, 1990).

Un incremento de la prolificidad en las cerdas puede lograrse reduciendo el largo de la lactancia (Cole *et al.*, 1975) de manera que más ciclos reproductivos puedan ser completados en un año. Desafortunadamente, en lactancias menores a 21 d, se incrementa la mortalidad embrionaria en las primeras tres semanas de gestación; reportándose que un largo de lactancia de 21 a 28 d es óptimo, porque la cerda puede producir un mayor número de camadas viables por año (Varley y Cole, 1978).

El nivel de energía en la dieta, antes y en el período inmediato después del servicio, influyen la sobrevivencia embrionaria; se ha demostrado que los niveles deben ser elevados

antes del servicio, mientras que los niveles de energía durante el período siguiente al apareamiento deben ser bajos, debido a que altos niveles energéticos durante los 15 días siguientes al servicio, perjudican la sobrevivencia embrionaria (Becerril, 1986).

2.4 Requerimientos de energía y proteína

Durante la gestación, el período más crítico en el requerimiento de nutrimentos es el último tercio, donde los lechones alcanzan su máximo desarrollo. Los nutrimentos esenciales son energía, proteína, aminoácidos, calcio, fósforo y vitaminas (Campabadal y Navarro, 1996).

Los requerimientos diarios de energía para la gestación, incluyen los gastos de mantenimiento, energía requerida para la deposición de proteína y grasa en el tejido materno y los requerimientos de energía para la camada (NRC, 1988; Araiza, 1994).

La mortalidad embrionaria se incrementa proporcionando altos niveles de energía durante 20 ó 40 días después de la monta; esto es debido a que se incrementan las oxidasas de función doble, las cuales han demostrado destruir los estrógenos, y por tanto, inhiben la producción de estrógenos del feto para el reconocimiento de la gestación (NRC, 1985); en cambio, si se proporcionan niveles altos durante el último tercio de la gestación, se favorece el peso de los lechones al nacimiento, siendo mayor de 1 kg (Brent, 1974).

Los requerimientos de energía digestible para mantenimiento (ED_m) varían de 96-167 kcal de ED/kg de peso corporal^{0.75}/kg, con una media de 110 kcal ED/kg de peso vivo^{0.75}/día. El requerimiento para ganancia de proteína y de grasa maternal, es de 12.5 kcal de ED/kg de ganancia (Noblet y Close, 1979, citados por NRC, 1988).

Los requerimientos de proteína y de energía en esta etapa, varían de acuerdo a la ganancia de peso vivo y a otros parámetros ambientales y de manejo. Un incremento en el

consumo de energía, superior a 6.0 Mcal/ED/d, podría mejorar la ganancia de peso maternal, pero no afectaría significativamente el tamaño de la camada al nacimiento; sin embargo, el incremento del consumo durante los últimos días de la gestación, podría incrementar el peso promedio del lechón al nacimiento en 50 g (NRC, 1988).

El consumo de energía durante la gestación tiene gran influencia sobre la ganancia de peso de la madre, siendo mínimo el efecto sobre el peso del lechón al nacer y muy poco o nada sobre el tamaño de la camada (Elsey *et al.*, 1971; Moser y Lewis, 1980).

Los requerimientos diarios de proteína para cerdas adultas y primerizas, se ha reportado de 228 gr, y de aminoácidos: 8.2 gr de lisina, 5.7 gr de treonina y 1.7 gr de triptofano (NRC, 1988).

En condiciones de alimentación restringida no se recomienda la utilización de aminoácidos sintéticos, porque al absorberse más rápidamente que los aminoácidos naturales, se afecta su utilización metabólica (Easter, 1993, citado por Campabadal y Navarro, 1996).

3. LACTANCIA

3.1. Duración

El tiempo óptimo para que las cerdas sean eficientes en producir mayor número de camadas por año, se ha establecido entre 21 y 28 d (Varley *et al.*, 1984) porque en este momento se da la máxima producción de leche (6 kg) y la mayor cantidad de energía (6.6), cubriéndose los requerimientos energéticos del lechón.

3.2. Endocrinología

Durante la lactancia se presenta disminución de la actividad ovárica. Los niveles plasmáticos de LH y FSH son bajos durante las tres primeras semanas (menores de 1 ng/ml) y

van incrementándose conforme ésta progresa (Stevenson *et al.*, 1981); mientras los niveles de prolactina son altos (Bevers *et al.*, 1978).

Varley *et al.* (1981) encontraron que las concentraciones plasmáticas de E₂ dependen del día de destete; en cerdas destetadas después del día 10 de lactancia, fueron significativamente más altas que las de los primeros 6 d de la siguiente gestación, en comparación con cerdas destetadas después del día 42 de lactancia.

3.3. Producción de leche

La glándula mamaria de la cerda debe tener una ubre simétrica con un mínimo de 14 pezones. La composición de la leche que produce es:

NUTRIMENTOS	PORCENTAJE
Grasa	6.8
Proteínas	6.2
Lactosa	4.0
Cenizas	1.0

(Modificado de Hafez, 1989).

La grasa, proteína y lactosa, constituyen aproximadamente el 60, 22 y 18%, respectivamente, del contenido total de nutrientes de la leche de cerda (Hartmann *et al.*, 1984, citados por Jackson *et al.*, 1995).

Kleiber (1961, citado por Ramírez y Alonso, 1987) menciona que la leche de cerda supera a la de las demás especies de interés zootécnico en su contenido de energía/kg de leche, siendo esta de 1154 kcal.

Jackson *et al.* (1995) demostraron que cuando se induce el parto prematuramente (d 112-114), los niveles de energía en la leche son de 2.44 kcal/100 ml, vs 2.74 kcal/100 ml en

leche de cerdas con parto natural, concluyendo que la inducción del parto limita la disponibilidad de energía de los lechones, los cuales dependen de ésta para sobrevivir.

3.4. Requerimientos de energía y proteína

Los requerimientos diarios de energía durante la lactancia, incluyen las necesidades para mantenimiento y para producción de leche, siendo estos de 110 kcal/peso vivo^{0.75} y 2 Mcal ED/kg de leche, respectivamente (NRC, 1988).

Pinheiro (1973) menciona que la aportación de energía durante la lactancia es importante para el mantenimiento de una buena condición corporal y producción de leche en la cerda. Para cubrir los requerimientos de proteína, deben considerarse tanto los requerimientos para mantenimiento y ganancia de peso, la pérdida de peso a través de la producción de leche y las ganancias de peso de los lechones.

La práctica de ajustar el nivel de alimentación según el número de lechones, no se justifica, pues la capacidad de consumo es una limitante. De hecho se tiene la tendencia de incrementar la densidad energética de las raciones mediante la adición de grasas (Easter, 1979, citado por Polanco, 1980).

Niveles altos de grasa en la dieta de lactancia, mejoran la producción de leche y el contenido de grasa, asimismo, se influye de manera positiva la sobrevivencia de la camada al destete (Polanco, 1980).

4. FACTORES QUE AFECTAN LA REPRODUCCIÓN EN LA CERDA

4.1. Ambientales

Los factores climáticos modifican la capacidad reproductiva, lo cual en esta especie es muy importante, debido a que posee una limitada capacidad de contrarrestar el agobio térmico

y los cambios climáticos bruscos, es susceptible a las temperaturas extremas a causa de su mínima sudoración, limitada liberación de calor por las mucosas respiratorias y a la reducida capacidad cardíaca para compensar la vasodilatación periférica. Entre los efectos negativos sobre la reproducción que ejercen las estaciones calurosas se puede considerar: reducciones en la tasa de concepción, del tamaño y peso de la camada, del porcentaje de destetes, de la duración de la gestación, incremento en la frecuencia de natimortos, abortos, y del intervalo destete-estro, retornos irregulares al celo después de un servicio y una frecuente omisión de calores silenciosos (Polanco, 1980).

La temperatura ambiental efectiva, la densidad de nutrientes de la dieta, el manejo de la alimentación, factores de la cerda (pariciones, genética, tamaño de camada y enfermedades), etc., impactan su consumo voluntario. Las cerdas lactantes expuestas a temperaturas ambientales elevadas consumen menos alimento y pierden más peso y grasa dorsal que las cerdas mantenidas por debajo de su límite crítico superior de tolerancia a la temperatura. El consumo de alimento durante la lactancia es inversamente proporcional a la temperatura ambiental, las cerdas disminuyen el consumo de 0.09 a 0.18 kg al día, por cada °C de incremento en la temperatura, por encima de su zona termoneutral de 18.3 a 22.2 °C (Polanco, 1980).

Robinson y Niekerk (1978) en África del Sur, observaron que las altas temperaturas, además de producir muerte embrionaria, también ocasionaban la pérdida total de la camada y fallas en la fertilización, en cuanto al porcentaje de pariciones, se observó un 22% menos en las cerdas que concibieron y parieron dentro de la estación extremosa cálida.

La eficiencia entre el destete y el siguiente parto, en el número de lechones al nacimiento y peso al destete, puede ser afectada ($P < .01$) en la estación cálida, como lo

demuestra un estudio realizado en el noroeste de México, donde se obtuvo un menor número de lechones al nacimiento y menor peso ($P<.01$) al destete que en la estación templada (Polanco, 1980).

4.2. Nutricionales

Las necesidades nutricionales durante la fase de gestación o lactancia son afectadas por el estado nutricional anterior, es decir, que cerdas sobrealimentadas durante la gestación consumen menos alimento y pierden mayor peso durante la siguiente lactancia que cerdas con alimentación restringida para mantener solamente una moderada ganancia de peso durante la gestación (Pettigrew y Tokach, 1991). Además, el consumo excesivo de energía durante la gestación podría impedir el desarrollo de la glándula mamaria (Weldon *et al.*, 1990). Sólo en algunos casos, como cuando se tiene conocimiento de que la mortalidad predestete es mayor del 20% (comportamiento anterior en las camadas), se justifica la suplementación de grasa a la dieta de la cerda durante los últimos días de la gestación (Pettigrew y Moser, 1991).

La restricción de proteína en la dieta de gestación puede reducir la mamogénesis y disminuir la producción de leche, sobre todo en primerizas (Head y Williams, 1991, citados por King *et al.*, 1996); sin embargo, estos mismos investigadores no encontraron efecto negativo de la restricción de proteína durante la gestación, sobre la mamogénesis de cerdas primerizas, como en la concentración de ácido nucléico en el tejido mamario (que indica la proliferación de células epiteliales); pero se presentó una disminución de la ganancia de peso y del consumo de alimento durante la siguiente lactancia.

La restricción de alimento durante la lactancia, a niveles de 2 kg/cerda/d, provoca una gran pérdida ($P<.01$) de peso corporal en las cerdas (18% vs 7.4%), un mayor ($P<.05$) intervalo destete-estro, una reducción ($P<.05$) de la tasa de concepción (65.5% vs 84.5%) y

de la supervivencia embrionaria (67.2% vs 81.4%). Asimismo, existe una reducción de los niveles de FSH (1.52 ng/ml vs 1.14 ng/ml; $P < .05$) y de LH (2.32 ng/ml vs 1.49 ng/ml; $P < .01$) durante el período postdestete, lo cual altera la presentación de estros. La concentración de gonadotropinas es afectada por la restricción de alimento durante la lactancia y no se encuentra mejoría por la alimentación proporcionada después del destete (Kirkwood *et al.*, 1987, 1990).

El bajo plano de nutrición está asociado con una reducción de las concentraciones circulantes de LH en cerdas lactantes (Tokach *et al.*, 1991). Asimismo, Armstrong y Britt (1987) observaron que la movilización de grasa y proteína de cerdas con alimentación restringida están asociadas con bajas concentraciones de insulina en plasma, una reducción de la frecuencia de los pulsos de LH y del desarrollo folicular.

El incrementar la ración diaria durante el período postdestete, para compensar la pérdida de peso corporal durante la lactancia, parece reducir el intervalo destete-estro en cerdas primerizas (Brooks y Cole, 1972) y no en cerdas múltiparas (Brooks *et al.*, 1975).

Baidoo *et al.* (1992) reportan que cerdas de segundo parto a las que se proporcionó 3 kg de alimento/día, con 12.4 MJ EM/kg y 16% PC, durante la lactancia y el período a estro, incrementaban el intervalo destete a estro, sin embargo, éste no se afectaba por el consumo después del destete. Las cerdas mantenidas con 6 kg/día durante la lactancia y con 3 kg/día durante el intervalo destete a estro, presentaron una mayor supervivencia embrionaria, aunque la tasa ovulatoria no se afectó por el consumo de alimento proporcionado antes o después del destete.

4.3. Genéticos

Rico (1981) determinó que el efecto del semental no tiene influencia directa sobre la

prolificidad de la hembra, asimismo, Strang (1970), De Luna (1976), Castro (1981) y Kuhlers *et al.* (1988) no encontraron efecto alguno del semental sobre las características de la camada.

Ríos y Ticante (1993) no encontraron efecto del semental sobre el peso al nacimiento de la camada.

González (1987) encontró que el índice de fertilidad y la habilidad materna en cerdas, están determinados por la contribución genética de la hembra, y que la raza del semental influye el comportamiento de la camada hasta el destete; las hembras híbridas de raza Yorkshire-Landrace, destetaron, en promedio, mayor número de lechones (8.03) y con mayor peso (54.24 kg).

En una revisión por Ramírez y Alonso (1987) con respecto al efecto del número de parto sobre el tamaño y peso al nacimiento de la camada, intervalo destete-estro y concepción, se concluye, que cerdas de primer parto, tienen menor prolificidad que las multíparas, y que conforme avanza el número de partos, se va incrementando la prolificidad.

Las hembras híbridas provenientes del cruzamiento entre razas puras, resultan superiores como reproductoras, ya que se obtiene provecho de la heterosis del lechón; entre las ventajas del individuo híbrido sobre las razas de los padres, podemos citar: menores pérdidas embrionarias, y por lo tanto, un mayor número de nacidos vivos, pesos más uniformes, mayor viabilidad y supervivencia, lo que se traduce en mayor número de lechones destetados con mayor peso corporal (Meade *et al.*, 1988).

5. RELACION NUTRICIÓN/REPRODUCCIÓN

Originalmente, los investigadores pensaban que los efectos de la dieta sobre la reproducción estaban mediados a través de cambios en la condición corporal; actualmente, se

ha desmentido en gran parte dicha teoría y se piensa que son los metabolitos y hormonas metabólicas las que controlan la influencia que ejerce el consumo inadecuado de nutrientes sobre la reproducción. La evidencia que existe en la actualidad sugiere que la razón por la que algunas cerdas destetadas se retrasan en la presentación del siguiente estro, es la falta de aumento en la secreción del factor liberador de gonadotropinas (GnRH) y de LH conforme progresa la lactancia, la cual produce una serie de eventos en cascada que inhiben el desarrollo normal del folículo ovárico y la retroalimentación de estrógenos al cerebro, la secreción de LH, la ovulación y finalmente el estro (Tokach *et al.*, 1994).

5.1. Insulina y su relación con el comportamiento reproductivo

La influencia de los metabolitos presentes en la sangre y de las hormonas metabólicas sobre la secreción de GnRH y de LH, aún es desconocida. Cuando la insulina sanguínea disminuye a causa de restricción de alimento, este parece ser el metabolito más cercanamente asociado a la disminución de la secreción de LH y al retraso en la presentación del estro (Tokach *et al.*, 1994).

Goldobin (1980) observó que la producción de leche en la cerda se incrementaba al inyectar dosis de 0.23 y 0.32 unidades de insulina/kg de peso corporal, y que se disminuía, al inyectar dosis de 0.50 unidades.

Adashi *et al.* (1981) demostraron *in vitro* que la insulina aumenta el factor liberador de gonadotropinas (GnRH), y que a su vez estimula la liberación de LH y FSH de las células de la pituitaria de la rata, lo que indica, que los gonadotrofos son un órgano blanco para insulina, y que ésta probablemente actúa sobre la pituitaria anterior, regulando la secreción del GnRH.

La diabetes en ratas altera las funciones reproductivas y la insulina parcialmente

corrige dichas alteraciones, tales como ganancia de peso ovárica y captación del ovario a colesterol, lo cual podría indicar que también el ovario es un órgano blanco para insulina (Liu *et al.*, 1972).

Landeheim *et al.* (1984) demostraron en ratas, que la insulina se une a receptores de las células lúteas, estimulando la esteroidogénesis.

A nivel de ovario, la insulina mejora el transporte de aminoácidos a las células de la granulosa del bovino (Allen *et al.*, 1979), estimula la captación de glucosa (Otani *et al.*, 1985), el metabolismo de lipoproteínas de baja densidad (Veldhuis *et al.*, 1986) y regula el desarrollo y crecimiento de las células de la granulosa del cerdo (Channing *et al.*, 1976; May y Schomberg, 1981) para la producción de P₄ potencializando los receptores de LH y de FSH (May y Schomberg, 1981).

Tokach *et al.* (1992) encontraron que cerdas primerizas que retornaban a estro en menos de 9 d, tenían mayores concentraciones y picos de LH en los días 14, 21 y 28 de lactancia, en contraste con las cerdas que retornaban a estro en más de 15 d, asimismo, también encontraron que la concentración de insulina estaba correlacionada con los pulsos de LH.

Las concentraciones de insulina y la pérdida de peso de la cerda presentan correlación negativa, a menores concentraciones de insulina, se tiene una mayor pérdida de peso, lo cual alarga la presentación de estros post-destete; sugiriendo que el nivel de insulina podría estar involucrado en el reestablecimiento de la actividad cíclica ovárica después del destete (Baidoo *et al.*, 1992).

Cerdas con bajas pérdidas de peso corporal (< 10 kg) durante la lactancia presentan altas concentraciones de insulina plasmática y bajas concentraciones de cortisol, en contraste

con cerdas con altas pérdidas de peso corporal (> 25 kg), sin embargo, no se encuentran diferencias estadísticas en la duración del intervalo destete-estro y en las concentraciones de LH y de E_2 .

Cox *et al.* (1987) mencionan que el efecto estimulador del "flushing" observado en la secreción de gonadotropinas y en el rango de ovulación, puede ser mediado en parte por los cambios en la concentración de insulina plasmática, ya que se ha observado un incremento de la ovulación y de la liberación de LH por la administración de insulina exógena durante la fase folicular de las cerdas.

Dyck *et al.* (1980) utilizaron cerdas alimentadas con 3 diferentes dietas, que consistían en 0.50 kg (bajo), 2.25 kg (medio) y 3 kg (alto) de alimento/día, con 16.1% de proteína cruda (PC) y 11.5 MJ de ED/kg. Mientras que los tres niveles no tuvieron un efecto significativo en el comportamiento reproductivo (supervivencia embrionaria y peso fetal) durante los primeros 60 días de gestación, se detectaron cambios significativos en la concentración de hormonas dependiendo del nivel de energía. Esto se debe a que la cerda es capaz de ajustar la concentración de hormonas conforme son requeridas para gestación, entre un rango de condiciones nutricionales que resultan en un promedio de ganancias diarias de peso por lo menos entre 0.16 y 0.60 kg/día.

Kirkwood *et al.* (1990) utilizaron cerdas de segunda lactancia alimentadas con 6 ó 3 kg/día con una dieta de harina de cebada y soya formulada para proveer 12.5 MJ ED/kg y 16% de PC durante 28 días de lactancia. Con 3 kg/d, las cerdas presentaban un menor peso corporal y menos grasa dorsal, con incremento en la incidencia de anestro, un intervalo a estro más variable y largo, observándose, durante la siguiente gestación, aún más bajo peso corporal y grasa dorsal, a diferencia del plan de nutrición de 6 kg/d. Estos datos confirman un efecto

adverso de la baja alimentación durante lactancia y el subsecuente comportamiento reproductivo, lo cual podría deberse a una disminución de las concentraciones de LH y de las demás hormonas relacionadas con la reproducción.

La administración de .4 UI de insulina/kg PV, después del destete en cerdas primerizas y multíparas durante 4 d y alimentadas con 2.73 kg alimento/d, no tiene efecto sobre el tamaño de la camada y la tasa de concepción; en cambio, si a cerdas primerizas se les administra la misma cantidad de insulina (.4 UI/kg PV/4d) y además se les incrementa la proporción de alimento a 3.6 kg/d, el tamaño de camada se ve favorecido significativamente (Cox *et al.*, 1995).

6. INGREDIENTES ENERGÉTICOS UTILIZADOS EN DIETAS PARA CERDOS Y SUS IMPLICACIONES

Las grasas son de especial importancia en la alimentación del cerdo, debido a que proporcionan mayor energía que los carbohidratos y las proteínas; su adición a la ración mejora la digestión y la absorción de carbohidratos y proteínas en el intestino delgado, incrementando la eficiencia de su utilización. También eleva el contenido de energía metabolizable en la dieta y reduce el consumo de alimento, logrando abatir el costo de la ración, reduciendo la cantidad de granos (cereales) como principales fuentes de energía en las dietas para cerdos (NRA, 1995).

6.1 Suplementación de grasa en raciones para cerdas

La Asociación Nacional de Recicladores de Estados Unidos (NRA, 1995) reporta que la adición de grasa animal a la dieta de cerdas gestantes pudiera tener mayor efecto durante las últimas dos semanas de gestación. La suplementación con un 15% de sebo mejora en un 2.6%

la supervivencia de la camada desde el nacimiento hasta el destete, aumentando 0.3 g el tamaño de lechón/parto, asimismo, mencionan que se incrementa la producción de leche de 680.4 a 725.76 gr/día, la cantidad de grasa en la leche y el calostro es más alta (11-25%), y como consecuencia, se presentan mayores reservas de energía en forma de grasa y de glucógeno en el hígado de los lechones. Estos, para cubrir sus requerimientos de energía durante los primeros 10 días de edad, dependen más de la energía acumulada en la grasa de la leche (esta energía cubre aproximadamente 88% de los requerimientos), que de la energía proporcionada por un grano de cereal. También, recomiendan suministrar durante las dos últimas semanas de gestación, 113 gr de grasa diaria por cerda en las raciones que contengan un 5% de grasa animal, mientras que en lactancia se proporcione 113.4-226.8 gr/cerda o se administre 3-5% de grasa si el consumo fuera de menos de 4.082 kg/día o si la pérdida de peso corporal fuera severa.

Frobish *et al.* (1973), en un experimento con cerdas jóvenes durante la gestación y durante tres ciclos reproductivos, proporcionaron 3.0, 4.5, 6.0 y 7.5 Mcal ED/d en forma de aceite de maíz a la dieta, observaron que el total de lechones/camada disminuyó ($P < 0.5$) en una manera lineal con el incremento de la energía, no se encontraron diferencias con respecto al número de lechones nacidos vivos, el peso al nacimiento se incrementó proporcionalmente ($P < 0.05$) con el nivel de energía, así como también se encontró una respuesta significativa ($P < 0.01$) en el peso de la cerda, ganando mayor peso las hembras que consumieron mayor cantidad de energía. Concluyendo, que el consumo entre 4.5 a 6.0 Mcal/EM/d, es suficiente para una reproducción eficiente.

Boyd *et al.* (1978) suplementando con dos fuentes de energía antes del parto y durante 14 días de lactancia, observaron que cerdas alimentadas con sebo disminuyeron

($P < .01$) el consumo de alimento durante la gestación y la lactancia, en comparación con las suplementadas con aceite de maíz. El número de lechones nacidos vivos por camada fue más alto ($P < .01$) en las suplementadas con sebo (9.28 vs 6.98), y también aumentó ($P < .01$) la proporción de lechones con más de 1000 g de peso al nacimiento e incrementó ($P < .01$) el porcentaje de grasa en la leche de cerdas jóvenes en un 10%, mientras que en cerdas adultas, se incrementó sólo 0.4%.

Pettigrew (1981) menciona que la suplementación de grasa en las dietas para cerdas en la última etapa de gestación y durante la lactancia, aumenta la producción y el contenido de grasa en el calostro y la leche, teniendo como respuesta, una menor mortalidad en la camada.

Stahly *et al.* (1981) adicionando el 10% de energía en forma de aceite de cártamo a la dieta de lactancia, observaron un incremento ($P < .01$) en la ganancia de peso y sobrevivencia de la camada del nacimiento al destete de 21 días, y además, que dichos parámetros mejoraban ($P < .01$) del destete a los 49 días de edad. El efecto de la adición de aceite a la dieta de la cerda sobre la sobrevivencia postdestete de los cerdos, fue dependiente ($P < .01$) del peso de éstos al destete, y las pequeñas ganancias fueron mejoradas por la adición de aceite a la dieta.

Coffey *et al.* (1982) reportan que la adición de grasa a la dieta de cerdas puede producir un incremento del 30% del volumen total de la leche.

Wilson y Pettigrew (1984) mencionan que la suplementación de grasa a las dietas de gestación en el último período, modifica el metabolismo de las cerdas, lo cual produce un estado semi-cetónico, y por lo tanto, se incrementa la cantidad de energía del calostro.

Cox *et al.* (1989), mediante la administración intracerebroventricular de insulina en cerdas primerizas, observaron un incremento en la secreción de LH, determinando que el metabolito podría acelerar los pulsos de GnRH; sin embargo, Rojkittikhun *et al.* (1993) no

encontraron relación entre las concentraciones de insulina y de LH durante el día 10 y 20 de lactancia.

Seerley (1989) menciona que la suplementación de grasa al final de la gestación, incrementa el glucógeno en el hígado de los lechones, lo cual pudiera ayudarles a sobrevivir, aunque no se encuentran diferencias significativas en cuanto a sobrevivencia, peso al nacimiento y al destete (21 d), ni tampoco un marcado incremento en la energía de los lípidos totales de la leche.

Yen *et al.* (1991) en un experimento con cerdas multíparas analizaron dos ciclos reproductivos, asignándoles a una dieta testigo a base de harina de maíz-soya y a otra dieta a base de harina de maíz-soya + 1.8% de aceite de soya durante gestación y lactancia para determinar el efecto de la suplementación del aceite sobre el comportamiento de la cerda y de su camada. Los resultados obtenidos permiten observar que la suplementación con este tipo de aceite, tiene poco efecto sobre el peso total de la cerda durante los dos partos, en el tamaño de la camada al nacimiento y al destete, y ningún efecto en la sobrevivencia de los lechones al destete y en el intervalo destete-estro, sólo se encontró diferencia significativa en el incremento de peso al nacimiento de la camada en el segundo parto.

Grandhi (1992) menciona que la suplementación de grasa durante la lactancia y la siguiente gestación, es benéfica, ya que incrementa la proporción de cerdas en estro dentro de los 7 días post-destete y las tasas de gestación de primerizas que tuvieron grandes pérdidas de peso durante la lactancia anterior, observando que la grasa suplementaria produce un incremento sobre la tasa ovulatoria, el número de embriones normales, la supervivencia y el peso fetal, en tanto que la lisina suplementaria mejoró únicamente el peso de los fetos. La utilización de grasa o lisina suplementaria mejoraron únicamente la tasa ovulatoria en cerdas

de segundo parto con alta pérdida de peso durante la lactancia anterior.

Serrato (1992) proporcionó tres diferentes niveles de energía a cerdas durante los dos últimos tercios de la gestación para evaluar el comportamiento reproductivo, siendo éstos de 5140, 6420 y 7700 kcal/d. No se encontraron diferencias significativas, sin embargo, con los niveles altos de energía, se observó tendencia a mejorar el comportamiento reproductivo, concluyendo, que 5140 kcal/d son suficientes, y que cantidades adicionales no tienen un efecto importante.

Tokach *et al.* (1992) en un experimento realizado con cerdas primerizas lactantes, para observar la relación de insulina y LH en el intervalo destete-estro, las dividieron en dos grupos, uno sin adición de energía y otro al que ofrecieron mayor energía en la dieta, observando que las cerdas con mayor energía, presentaban un intervalo destete-estro de 8 d, los niveles de insulina eran altos del día 7 a 21 de lactancia, así como también las concentraciones de IGF-I (factor parecido a insulina tipo I) al día 21, y las de LH del día 14 a 21 de lactancia. De lo que se concluye que un alto nivel de energía, incrementa los niveles, tanto de LH como de insulina y de IGF-I, influyendo en la presentación más temprana del celo.

Taugbol *et al.* (1993) suplementaron con 50 ml de aceite de hígado de bacalao la dieta de cerdas en el día 107 de gestación y durante seis semanas de lactancia, encontrando incremento en el porcentaje de grasa total en la leche, 7.49 vs 7.16% al parto, y 9.57 vs 8.82% a los 14 días postparto (experimental vs testigo, respectivamente), en cuanto al peso al nacimiento, al destete y sobrevivencia de los lechones, y al intervalo destete-concepción, no se encontraron diferencias significativas, sin embargo, la adición de grasa a la dieta, tendió a disminuir el peso de la camada al nacimiento (1.67 vs 1.88 kg) y al destete (15.9 vs 16.3 kg);

no se observó un claro beneficio sobre el comportamiento reproductivo, debido a que la pérdida de peso de la cerda disminuyó ligeramente y el intervalo destete-concepción no se vio influenciado positivamente (28.6 vs 25.3 d) por la adición de grasa a la dieta, esta aparente falta de respuesta a la energía de la grasa, podría deberse a la utilización preferencial de ésta por la glándula mamaria.

Jackson *et al.* (1995) indican que la suplementación del 10% de aceite de maíz a la dieta de cerdas con inducción del parto en el d 112, 113 y 114, aumenta el porcentaje de energía en calostro y leche de 6.48 a 7.08%.

Ermer *et al.* (1996) adicionaron 10% de sebo a la dieta de cerdas lactantes y no observaron diferencias del consumo de alimento y de energía en testigo y experimental, así como en el tiempo y frecuencia de alimentación, en cuanto a las concentraciones de ácidos grasos no esterificados o glucosa no se afectaron por la dieta, las concentraciones de insulina, glucagon y la relación de insulina:glucagon no se afectaron por la dieta y el día de lactancia.

Koketsu *et al.* (1996) emplearon dos grupos de cerdas primerizas durante lactancia, proporcionando al primer grupo, altos niveles de energía (16.5 Mcal EM/d) y al segundo bajos niveles (6.5 Mcal EM/d) durante 3 semanas de lactancia (testigo), además, al grupo de alta energía, se le fue reduciendo ésta, la 1^a, 2^{da} y 3^{ra} semanas de lactancia, obteniéndose que el alto nivel de energía reduce ($P<0.05$) el intervalo destete-estro (9 ± 3.2 d vs 23 ± 3.5 d), incrementa ($P<0.01$) la frecuencia de pulsos de LH en los días 14 y 21 d de lactancia, y aumenta ($P<0.05$) las concentraciones de insulina y glucosa.

La presente revisión se inicia con la pubertad y el estro, mencionando las características de cada proceso, debido a que son las principales etapas de la vida productiva de un animal y porque de su buen entendimiento, se logrará una mejor eficiencia reproductiva.

La gestación y la lactancia se analizan desde duración, establecimiento, endocrinología, mortalidad embrionaria y producción de leche, haciendo énfasis sobre los requerimientos de energía y proteína durante la gestación y la lactancia, debido a que el estudio se centra en la adición del 10% más de los requerimientos de EM/d durante los últimos 15 días de la gestación y la lactancia.

La temperatura es el factor que afecta en mayor grado la reproducción en la cerda, debido a que la especie, anatómicamente, presenta una deficiente disipación del calor; la alimentación inadecuada, ya sea en gestación, lactancia y/o destete, afectará negativamente la etapa posterior, influyendo la condición corporal, mortalidad embrionaria, intervalo destete-estro, desarrollo de la glándula mamaria, producción de leche, niveles de gonadotropinas, peso y tamaño de camada al nacimiento y al destete, mortalidad en lactancia, etc. La genética, parece no tener influencia en los parámetros reproductivos, debido a que su heredabilidad y correlación son bajas, aunque en algunos estudios se ha detectado efecto significativo.

Anteriormente, se creía que la nutrición mediante la condición corporal, afectaba la reproducción, y ahora que se ha desmentido dicha teoría, se piensa que son los metabolitos, los que controlan la influencia de la nutrición sobre la reproducción, siendo la insulina el que parece ejercer una gran influencia sobre los procesos reproductivos.

La utilización de las grasas en el cerdo, es de gran importancia, debido a que proporcionan mayor energía que los carbohidratos y las proteínas, reduciendo el consumo de alimento y siendo una buena alternativa económica, ya que podría disminuir el suministro de granos a la dieta. Su empleo en los últimos 15 d de la gestación y durante toda la lactancia, tiene efectos benéficos sobre el comportamiento productivo y reproductivo, los cuales dependerán principalmente de la fuente de grasa, porcentaje y tiempo de inclusión, número de

parto y raza; no obstante, que algunos trabajos no reportan diferencias estadísticas, en la mayoría de los casos, se encuentra tendencia positiva de los tratamientos en los que se emplean grasas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y clima

Se realizaron dos experimentos en las instalaciones del módulo de porcinos de la granja experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, localizada en Chapingo, dentro del municipio de Texcoco, Estado de México, con una latitud norte de 19° 31' y una longitud oeste de 98° 53' y con una altura de 2353 msnm. El clima prevaleciente en la región corresponde al tipo BS, Kw, (w)(i'), clima semiseco, templado con verano fresco, con una temperatura media anual entre los 12 y 19 °C (García, 1973). Durante los experimentos, se tomaron los registros de la temperatura (Estación Meteorológica del Depto. de Irrigación de la UACH), debido a que éste, es el factor que en mayor grado afecta los procesos metabólicos de la especie (consumo, secreción de hormonas reproductivas y como consecuencia, retrasos en la presentación de estros).

EXPERIMENTO 1.

Animales

El trabajo inició el 23 de abril de 1995 y concluyó el 4 de enero de 1996, se utilizaron 15 cerdas gestantes, de las cuales, 8 eran primerizas y 7 multíparas, dentro de las multíparas, se agruparon cerdas de segundo y tercer parto, ya que de acuerdo con Flores (1994), en un trabajo realizado en el módulo, no se encontraron diferencias en cuanto al comportamiento reproductivo en cerdas con más de 2 partos de las cruzas Yorkshire/Landrace y Landrace/Yorkshire. Las cerdas fueron apareadas (monta natural) con dos sementales, uno de raza Yorkshire y otro de raza Hampshire (con edades promedio de 2 y 3 años,

respectivamente). Las hembras fueron distribuidas a ocho tratamientos, considerando el tipo de dieta proporcionada (testigo o experimental), el número de parto (primerizas o multíparas) y el semental (Yorkshire o Hampshire) con el que fueron apareadas, como se puede apreciar en el siguiente cuadro:

Cuadro 1. Asignación de las cerdas a los tratamientos en el experimento 1

Tratamiento	Cerda	Dieta	No. Parto	Semental	Repetición
1	400	Testigo	Primero	Hampshire	1
	401	Testigo	Primero	Hampshire	2
2	402	Testigo	Primero	Yorkshire	1
	407	Testigo	Primero	Yorkshire	2
3	996	Testigo	Segundo	Yorkshire	1
	1003	Testigo	Segundo	Yorkshire	2
4	983	Testigo	Tercero	Hampshire	1
5	403	Experimental	Primero	Hampshire	1
	405	Experimental	Primero	Hampshire	2
6	404	Experimental	Primero	Yorkshire	1
	406	Experimental	Primero	Yorkshire	2
7	995	Experimental	Segundo	Hampshire	1
8	997	Experimental	Segundo	Yorkshire	1
	1001	Experimental	Segundo	Yorkshire	2
	1002	Experimental	Segundo	Yorkshire	3

Instalaciones

El módulo cuenta con un área de maternidad de 16 parideros, los cuales tienen capacidad para una hembra y su camada, las dimensiones del corral son de 7.63 m x 6.87 m, teniendo una altura de 1.70 m x 2.10 m, están contruidos de ladrillo y piso de concreto, y techados con lámina de asbesto; además cuentan con área protegida para lechones, que consta

de una caja de madera o de metal y foco de 125 w. También, existen comederos de tolva para la cerda con capacidad de 10 kg, comedero para lechones y bebedero automático.

Alojamiento y manejo de las hembras

Las hembras fueron alojadas en los parideros previamente lavados y desinfectados con creolina, aproximadamente 12 h antes del día 109 de gestación; se les aplicó 5 ml de bacterina mixta porcina y 2 ml de vacuna contra *Haemophilus*; al día siguiente, por la tarde, se desparasitaron internamente con una dosis de 1 ml/20 kg de peso vivo (PV) de Helmicin al 10% o aplicación subcutánea de 1 ml de Ivomec/22 kg PV; la desparasitación externa se hizo con un baño de Lindano al 12%. Aproximadamente, 4 ó 5 días antes de la fecha probable de parto, se lavaba el corral y se ponía una cama de paja o aserrín, revisando diariamente su estado, y si se requería, inmediatamente se cambiaba dicha cama, asimismo, en caso de requerirse, 1 ó 2 días antes del parto, se bañaba a la cerda. La atención de la camada al parto, consistió en limpiar al lechón de las envolturas fetales, frotación del tórax y extracción de flemas de los cerditos que no podían respirar, ligado y desinfección del cordón umbilical, muesqueado para identificación y amamantamiento inmediatamente después; mientras que a las cerdas, principalmente primerizas, se les aplicaba 2 ml de oxitocina en caso de presentar problemas de expulsión de los lechones, una vez terminado el parto (expulsión de la placenta e incorporación de la cerda a orinar y/o beber agua), se procedió a pesarlas, a tomar una muestra de sangre de la vena yugular, y a la aplicación de un lavado vaginal con 60 ml de Emicina + 40 ml de suero fisiológico o de una inyección i.m. de 10 ml de Espenfort (o antibiótico disponible) para prevenir infecciones; en caso de que al siguiente día se presentara un flujo vaginal anormal, se continuaba con el tratamiento por vía vaginal e i.m. por dos días más. Las hembras se pesaron el día 109 de gestación, inmediatamente después del parto y

cada dos semanas (días 14 y 28 postparto) hasta el destete. Se registró el peso de la camada al nacimiento y cada semana hasta el destete; se midió el consumo de alimento diario de las cerdas durante los últimos días de la gestación y la lactancia; a los lechones se les proporcionó 500 gr de alimento sólido, adecuado para esta etapa, a partir del día 9 de edad, y del día 10 hasta el destete, se midió el consumo de éste. Después del destete, a las cerdas se les aplicó 3 ml de vitamina ADE por vía i.m. y se trasladaron al corral de servicios, para posteriormente, detectar celos y efectuar las montas. Una vez servidas, se llevaron a los corrales de gestación, para hacer el diagnóstico de preñez a los 21 d y a los 42 d. El diagnóstico de gestación utilizado, consistió en observar el retorno o no a estro de las cerdas, aproximadamente de los 17 a 24 d después del primer y segundo diagnóstico; y en caso de existir duda, se seguían haciendo revisiones periódicas a los animales.

Dietas

La dieta testigo consistió en el suministro de alimento comercial de la marca Nutrigran, en polvo y a base de maíz-sorgo, para cerdas en las etapas de gestación y lactancia, el contenido de energía del alimento, se determinó en el laboratorio, confirmando que la concentración de energía estaba de acuerdo con los requerimientos determinados por el NRC (1988). La dieta experimental consistió en la suplementación del alimento testigo con grasa de pollo, a razón del 10% de los requerimientos de energía metabolizable/d. Las dietas se proporcionaron durante 15 d antes de la fecha probable de parto y 28 días de lactancia (Cuadro 2). La grasa suplementada (Cuadro 3), contenía 7975 kcal EM/kg de acuerdo con NRC (1988), obteniéndose en la misma roscicería, para evitar variaciones en sus características, que pudieran afectar a los animales; su color era amarillo-naranja y su consistencia, semi-líquida. Antes de adicionarla al alimento, durante el verano, se mantuvo al

sol para su total derretimiento, y en los meses de invierno, se calentó en baño maría, después se pesó en una báscula de reloj y por último se adicionó al alimento previamente pesado. Para asegurar un buen mezclado, la grasa se incorporó con las manos, evitando la formación de grumos; la dieta experimental se preparó en forma individual por animal y diariamente, para evitar enranciamiento. A las 24 horas de ofrecido el alimento, se pesó el rechazo para determinar el consumo diario por cerda.

Cuadro 2. Composición de la dieta proporcionada a las cerdas durante la gestación¹ y la lactancia²

Nutrimentos	Gestación		Lactancia	
	Testigo ³	Experimental ⁴	Testigo ³	Experimental ⁴
Proteína (%)	14	14	15	15
Grasa (%)	3.50	3.85	2.50	2.75
Energía (kcal EM/d)	3.1	3.41	3.2	3.52
Fibra (%)	8.0	8.0	6.0	6.0
Cenizas (%)	7.0	7.0	7.0	7.0
Humedad (%)	11.0	11.0	11.0	11.0
E. L. N. (%)	56.5	56.5	58.0	58.0

¹15 días antes de la fecha probable de parto.

²Durante 28 días.

³A base de maíz-sorgo.

⁴Dieta testigo adicionada con grasa de pollo (10% de los requerimientos de EM/d).

Cuadro 3. Composición energética de la grasa de pollo

Tipo de grasa	Materia Seca	Extracto Etéreo	Ác. Linoléico	EM kcal/kg
	(%)	(%)	(%)	
Pollo	100	100	11.8	7975

Fuente: NRC (1988).

Toma de muestras de sangre

El día 109 de gestación, después del parto, día 14 y 28 de lactancia, por la mañana (9

h) y antes de proporcionar el alimento, a las cerdas se les tomó una muestra de sangre por punción de la vena yugular con agujas de 18 x 1 1/2 mm y jeringas de 10 ml, con la finalidad de medir por radioinmunoanálisis, la concentración de insulina. Se obtuvieron 10 ml de sangre en tubos de ensaye con el anticoagulante heparina sódica, los cuales se conservaron a 5 °C en una hielera con refrigerantes, aproximadamente 2 h después de obtenidas, centrifugándose a 3500 rpm durante 20 minutos. Se decantó y almacenó el suero en tubos de plástico y se congeló a -21 °C para su posterior análisis.

Análisis hormonal

Las concentraciones de insulina fueron medidas por RIA de fase sólida, con un kit comercial de la marca Cis Bio-International, fabricado en Gif sur Yvette, Francia. La sensibilidad fue de 5 µUI/ml y el C. V. de 95%.

Análisis Estadístico

El modelo estadístico que se utilizó fue un diseño experimental completamente al azar con diferente número de repeticiones; siendo éste:

$$Y_{ij} = M + T_i + E_{ij}$$

donde:

Y_{ij} = Variable de respuesta

M = Media poblacional

T_i = Efecto de tratamiento ($i=1...8$)

E_{ij} = Error aleatorio

Agrupando dentro de tratamiento, la dieta (testigo y experimental), número de parto (primeriza y múltipara) y semental (Yorkshire y Hampshire).

Las variables de respuesta que se analizaron fueron:

- 1.- Consumo promedio diario de alimento/cerda
 - a) Gestación (Del día 109 de gestación hasta el parto)
 - b) Lactancia (28 d)
- 2.- Peso de la cerda
 - a) Inmediatamente después del parto
 - b) Día 14 de lactancia
 - c) Día 28 de lactancia
- 3.- Ganancia promedio durante gestación (Estimación: $\text{Peso al apareamiento} + 45/2 - \text{Peso después del parto}$)
- 4.- Total de lechones nacidos
 - a) Vivos
 - b) Muertos
- 5.- Peso de la camada
 - a) Nacimiento
- 6.- Consumo promedio diario de alimento/camada
 - a) A partir de los 10 d de edad y hasta el destete
- 7.- Intervalo destete-estro
- 8.- Intervalo destete-concepción

Las concentraciones de insulina se analizaron con arreglo factorial 8 x 4:

$$Y_{ijk} = M + T_i + P_j + T_i P_j + E_{ij}$$

donde:

Y_{ij} = Concentraciones de insulina

M = Media general

T_i = Efecto del tratamiento ($i = 1...8$)

P_j = Efecto del período de muestreo ($j = 1...4$)

$T_i P_j$ = Interacción tratamiento x Período de muestreo

E_{ijk} = Error aleatorio

9.- Concentraciones de insulina

- a) Día 109 de gestación
- b) Después del parto
- c) Día 14 de lactancia
- d) Día 28 de lactancia

Las diferencias entre tratamientos fueron analizadas mediante contrastes ortogonales y por análisis de varianza, bajo el procedimiento GLM de SAS (1988).

EXPERIMENTO 2

El trabajo fue realizado en el módulo de porcinos de la Granja Experimental de la UACH. Inició el 16 de septiembre de 1995 y concluyó el 30 de mayo de 1996, con la finalidad de medir el efecto de la suplementación de grasa de pollo a la dieta de cerdas multíparas, así como de medir las variables peso de la camada del nacimiento hasta el destete, número de lechones destetados, porcentaje y causas de mortalidad, las cuales no se midieron en el experimento 1, debido a que se vieron afectadas por un brote de diarrea en todo el módulo de porcinos.

Animales

Se utilizaron 17 cerdas multíparas de segundo, tercero y cuarto parto, considerando que no existe diferencia entre ellas, de acuerdo con Flores (1994), de las cruzas Yorkshire x Landrace y Landrace x Yorkshire, asignadas a dos tratamientos, 8 a la dieta testigo y 9 a la dieta experimental. Todas fueron apareadas (monta natural) con un mismo semental de la raza Yorkshire. Se proporcionaron las mismas condiciones de manejo que en el experimento 1.

Alojamiento

Se utilizaron los mismos corrales de gestación y parideros que en el experimento 1; y un corral de servicios, éste último, para observar la presentación de estros postdestete y efectuar las montas. El corral de servicios tiene capacidad para 8 hembras.

Tratamientos

El tratamiento testigo consistió en el suministro de una dieta comercial de la marca Nutrigran, en polvo y a base de maíz-sorgo, cuyo contenido de energía estaba de acuerdo con los requerimientos determinados por el NRC (1988). El tratamiento experimental consistió en

la suplementación a la dieta testigo con grasa de pollo, a razón del 10% de los requerimientos de EM/d. La alimentación se proporcionó 15 d antes de la fecha probable de parto y 28 d de lactancia, de igual manera que en el experimento anterior; asimismo, la preparación de la dieta experimental, la medición del consumo de alimento y la toma de muestras de sangre para la determinación de insulina. Las hembras fueron asignadas a los tratamientos de la siguiente manera:

Cuadro 4. Asignación de las cerdas a los tratamientos en el experimento 2

Tratamiento	Cerda	Cruza	No. De parto
Testigo	400	Y/L	2
Testigo	401	Y/L	2
Testigo	402	Y/L	2
Testigo	407	Y/L	2
Testigo	1003	L/Y	2
Testigo	1004	Y/L	2
Testigo	996	Y/L	2
Testigo	983	L/Y	4
Experimental	403	Y/L	2
Experimental	404	Y/L	2
Experimental	405	Y/L	2
Experimental	406	Y/L	2
Experimental	979	L/Y	4
Experimental	997	Y/L	3
Experimental	998	L/Y	3
Experimental	1001	L/Y	3
Experimental	1002	Y/L	3

Análisis Estadístico

El modelo estadístico empleado fue un diseño experimental completamente al azar, siendo éste:

$$Y_{ij} = M + T_i + E_{ij}$$

donde:

Y_{ij} = Variable de respuesta

M = Media poblacional

T_i = Efecto de la adición de grasa en la dieta ($i=0,1$)

E_{ij} = Error aleatorio

Las variables que se midieron fueron:

1.- Consumo promedio diario de alimento/cerda

a) Gestación (Del día 109 de gestación hasta el parto)

b) Lactancia (28 d)

2.- Peso de la cerda

a) Inmediatamente después del parto

b) Día 14 de lactancia

c) Día 28 de lactancia

3.- Ganancia promedio durante la gestación (Estimación: Peso al apareamiento + 45/2 - Peso después del parto)

4.- Total de lechones nacidos

a) Vivos

b) Muertos

5.- Peso de la camada

- a) Nacimiento
- b) 7 d de edad
- c) 14 d de edad
- d) 21 d de edad
- e) 28 d de edad

6.- Consumo promedio diario de alimento por camada

- a) A partir del d 10 de edad y hasta el destete

7.- Número de lechones destetados

8.- Porcentaje de mortalidad

Se analizó mediante la prueba de Ji-cuadrada (X^2).

9.- Causas de mortalidad

Se determinó la causa que mayor proporción representó de la mortalidad total en cada tratamiento.

10.- Intervalo destete-estro

11.- Intervalo destete-concepción

Las concentraciones de insulina se analizaron con arreglo factorial 2 x 4:

$$Y_{ijk} = M + T_i + P_j + T_iP_j + E_{ij}$$

donde:

Y_{ij} = Concentraciones de insulina

M = Media general

T_i = Efecto del tratamiento ($i = 1...2$)

P_j = Efecto del período de muestreo ($j = 1...4$)

T_iP_j = Interacción tratamiento x Período de muestro

E_{ijk} = Error aleatorio

12.- Concentraciones de insulina

- a) Día 109 de gestación
- b) Después del parto
- c) Día 14 de lactancia
- d) Día del destete

La diferencia entre medias de tratamientos se analizó mediante la prueba de Tukey, bajo el procedimiento GLM de SAS (1988).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Temperatura media. Durante el período en que se llevaron a cabo los experimentos, la temperatura media fue de 18.69 °C, con una temperatura máxima de 22.4 °C (durante el mes de mayo de 1995) y mínima de 14.8 °C (durante el mes de enero de 1996); concluyendo, que los animales se encontraban dentro de su zona termoneutral, de acuerdo con Polanco (1980) que menciona que es de 18.3 a 22.2 °C, por lo tanto, las variables medidas no se vieron afectadas por la temperatura.

EXPERIMENTO 1.

Semental. Se analizó el efecto del semental para las variables lechones nacidos vivos, lechones nacidos muertos y peso de la camada al nacimiento, no encontrándose diferencias ($P > .05$), lo cual concuerda con Rico (1981) quien menciona que el semental no tiene efecto directo sobre la prolificidad de la hembra; asimismo, con Castro (1981) y Kuhlers *et al.* (1988) quienes no encontraron efecto significativo del semental.

Consumo de alimento del día 109 de gestación hasta el parto. En el estudio no se encontraron diferencias ($P > .05$) por efecto de la dieta (Cuadro 5), aunque la tendencia en el grupo experimental fue de consumir más alimento (1.77 kg) que el testigo (1.60 kg), lo cual pudo estar influenciado por las concentraciones de insulina, las cuales tendieron a ser mayores en el grupo experimental, y que de acuerdo con Weldon *et al.* (1994), altas concentraciones de insulina incrementan el consumo de alimento. Sin embargo, el número de parto (Cuadro 6),

afectó ($P < 0.01$) el consumo, siendo las cerdas multíparas las que consumieron mayor cantidad de alimento (1.99 kg) que las primerizas (1.38 kg). Las diferencias en el consumo, se deben al diferente peso vivo de las hembras ($P < 0.01$) desde el inicio del experimento (primerizas 160.63 kg vs multíparas 215.55 kg).

Cuadro 5. Efecto de la dieta sobre el consumo de alimento y peso corporal de las cerdas durante gestación¹ y lactancia²

Variable	Testigo*	Experimental**	P
Consumo de alimento (kg)			
Día 109 de gestación hasta el parto	1.60	1.77	0.929
Lactancia	4.75	4.64	0.793
Peso corporal (kg)			
Día 109 de gestación	189.57	186.61	0.319
Inmediatamente después del parto	174.07	164.37	0.176
Día 14 de lactancia	170.25	165.62	0.268
Destete	167.61	163.17	0.226

¹15 días antes de la fecha probable de parto.

²Durante 28 días.

*Dieta a base de maíz-sorgo (n = 7).

**Dieta a base de maíz-sorgo + 10% más de los requerimientos de EM/d (n = 8).

Cuadro 6. Efecto del número de parto sobre el consumo de alimento, ganancia de peso en gestación y peso corporal de las cerdas durante gestación¹ y lactancia²

Variable	Primerizas	Múltiparas*	P
Consumo de alimento (kg)			
Día 109 de gestación hasta el parto	1.38	1.99	<.01
Lactancia	3.73	5.66	<.01
Ganancia de peso durante gestación**	22.5	21.4	
Peso corporal (kg)			
Día 109 de gestación	160.63	215.55	<.01
Inmediatamente después del parto	143.51	194.93	<.01
Día 14 de lactancia	135.97	199.91	<.01
Destete	139.17	191.61	<.01

¹15 días antes de la fecha probable de parto.

²Durante 28 días.

*De segundo y tercer parto.

**Estimación de la ganancia promedio, considerando 45 kg de ganancia total, 25 kg de la madre y 20 kg de los productos de la concepción.

Consumo de alimento durante lactancia. La adición de grasa de pollo, no afectó significativamente el consumo (Cuadro 5), aunque la tendencia fue que el grupo experimental consumió menor cantidad de alimento (4.64 kg/d) en contraste con el testigo (4.75 kg/d). La tendencia presentada en nuestro trabajo, puede deberse a que el grupo experimental, durante los últimos 15 d de la gestación, consumió mayor cantidad de alimento, y a que las concentraciones de insulina durante el día 109 de gestación fueron mayores que en el testigo, lo cual probablemente influyó el consumo durante la lactancia (Weldon *et al.*, 1994). Se encontró efecto altamente significativo de el número de parto (Cuadro 6), observándose que las múltiparas consumen mayor cantidad de alimento (5.66 kg/d) que las primerizas (3.73 kg/d). La diferencia en el consumo de alimento fue influenciado por el peso corporal de las hembras, tanto al inicio del experimento, como inmediatamente después del parto: primerizas

143.16 kg vs multíparas 194.93 kg ($P<.01$); 14 d de lactancia: primerizas 135.97 kg vs multíparas 199.9 kg ($P<.01$); y al destete: primerizas 139.17 kg vs 191.61 kg ($P<.01$). En la Figura 1 se muestra el peso vivo de las hembras primerizas y multíparas en los diferentes períodos.

Ganancia de peso promedio estimada durante la gestación. Debido a que se hizo una estimación, no se analizaron estadísticamente los valores obtenidos. Las cerdas primerizas ganaron 22.5 kg y las multíparas 21.4 kg. Esta diferencia de peso se atribuye a que una cerda multípara del grupo experimental sólo ganó 12.5 kg, además, dicha cerda durante la lactancia presentó anemia y después del destete, y a su segundo diagnóstico de gestación, repitió calor y después murió por actinobacilosis.

Peso de la cerda inmediatamente después del parto. Con respecto al número de parto (Cuadro 6), se encontraron diferencias ($P<.01$), lo cual se esperaba, debido a la diferencia de pesos entre primerizas y multíparas al inicio del experimento. Mientras que el efecto de la dieta no fue significativo (Cuadro 5), lo cual concuerda con Miller *et al.* (1995) quienes señalan que no hay influencia de la adición de 2, 4, y 10% de sebo en la dieta a partir del día 109 de gestación en el peso postparto de primerizas.

Peso de la cerda a los 14 d de lactancia. En esta variable, no se encontró efecto ($P>0.5$) por la adición de grasa de pollo (Cuadro 5). Con respecto al número de parto, las cerdas primerizas tuvieron menor peso ($P<.01$) que las multíparas, teniendo, en promedio, 135.97 kg vs 199.9 kg, respectivamente (Cuadro 6). Estos resultados se deben a que las cerdas primerizas presentaban desde el inicio del experimento un menor peso.

Peso de la cerda al destete. No se encontraron diferencias ($P > .05$) de la adición de grasa a la dieta (Cuadro 5). Por número de parto (Cuadro 6), se encontró mayor peso ($P < .01$) en las múltiparas con respecto a las primerizas. Estos resultados pudieran atribuirse a la diferencia de pesos al iniciar el experimento. En las Figuras 2 y 3 se muestran los pesos de las hembras primerizas y múltiparas en los cuatro períodos en que fueron realizados.

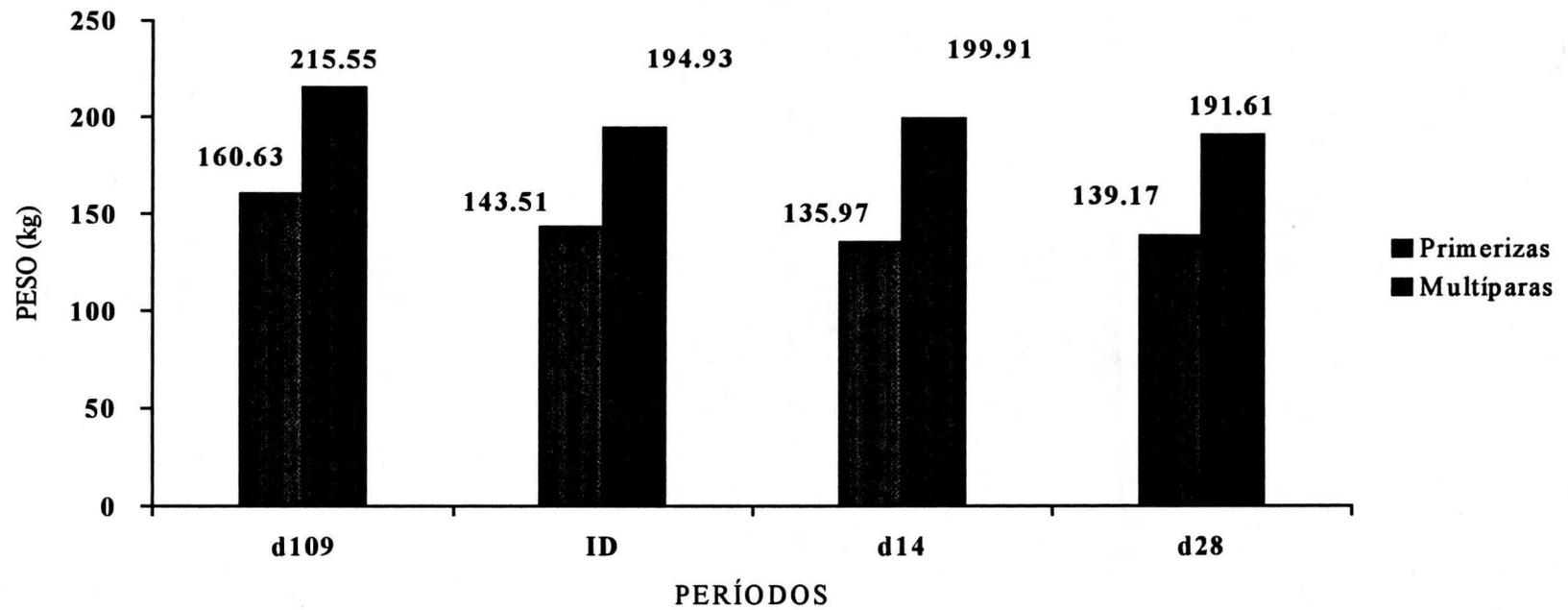


Figura 1. Peso vivo (kg) en el día 109 de gestación (d109), inmediatamente después del parto (ID), el día 14 (d14) y 28 postparto (d28) de cerdas primerizas y múltiparas.

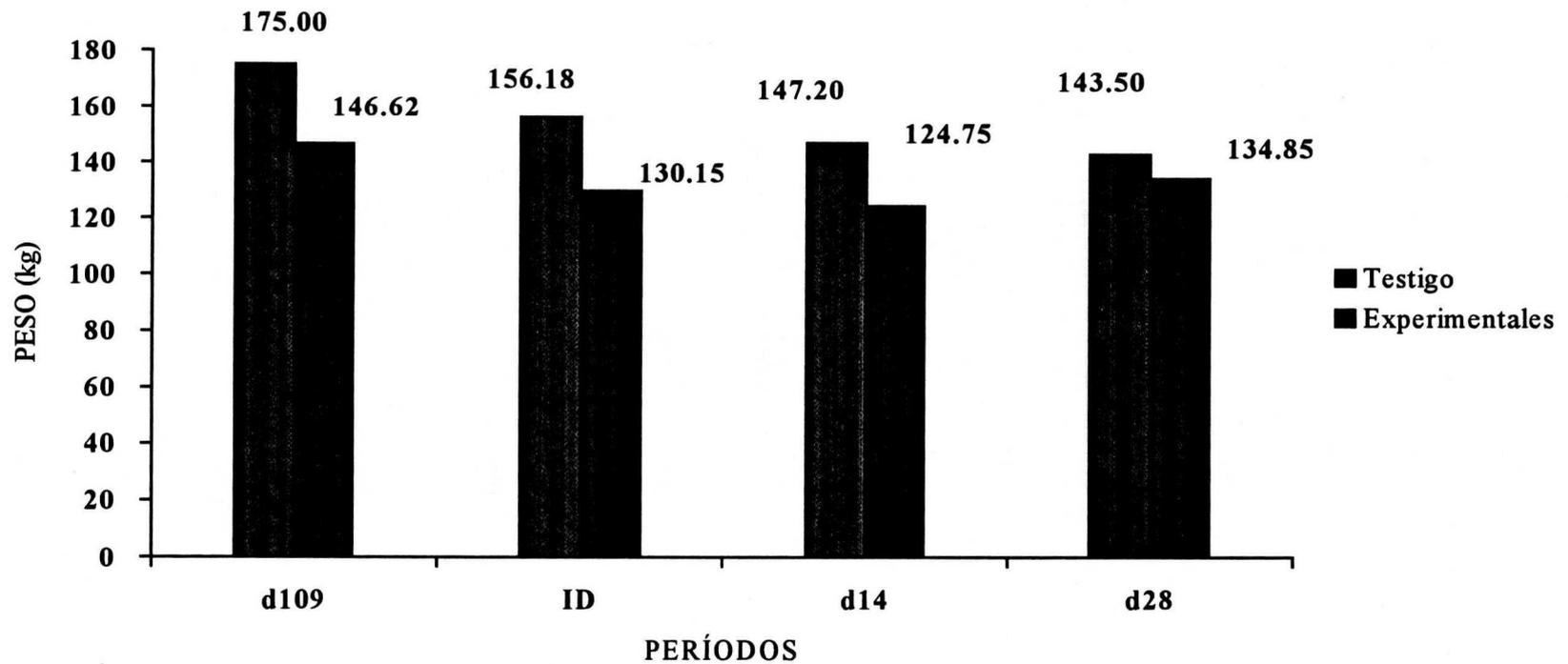


Figura 2. Peso vivo (kg) en el día 109 de gestación (d109), inmediatamente después del parto (ID), día 14 (d14) y 28 postparto (d28) de cerdas primerizas alimentadas con una dieta a base de maíz-sorgo adicionada o no con el 10% de los requerimientos de EM/d en forma de grasa de pollo.

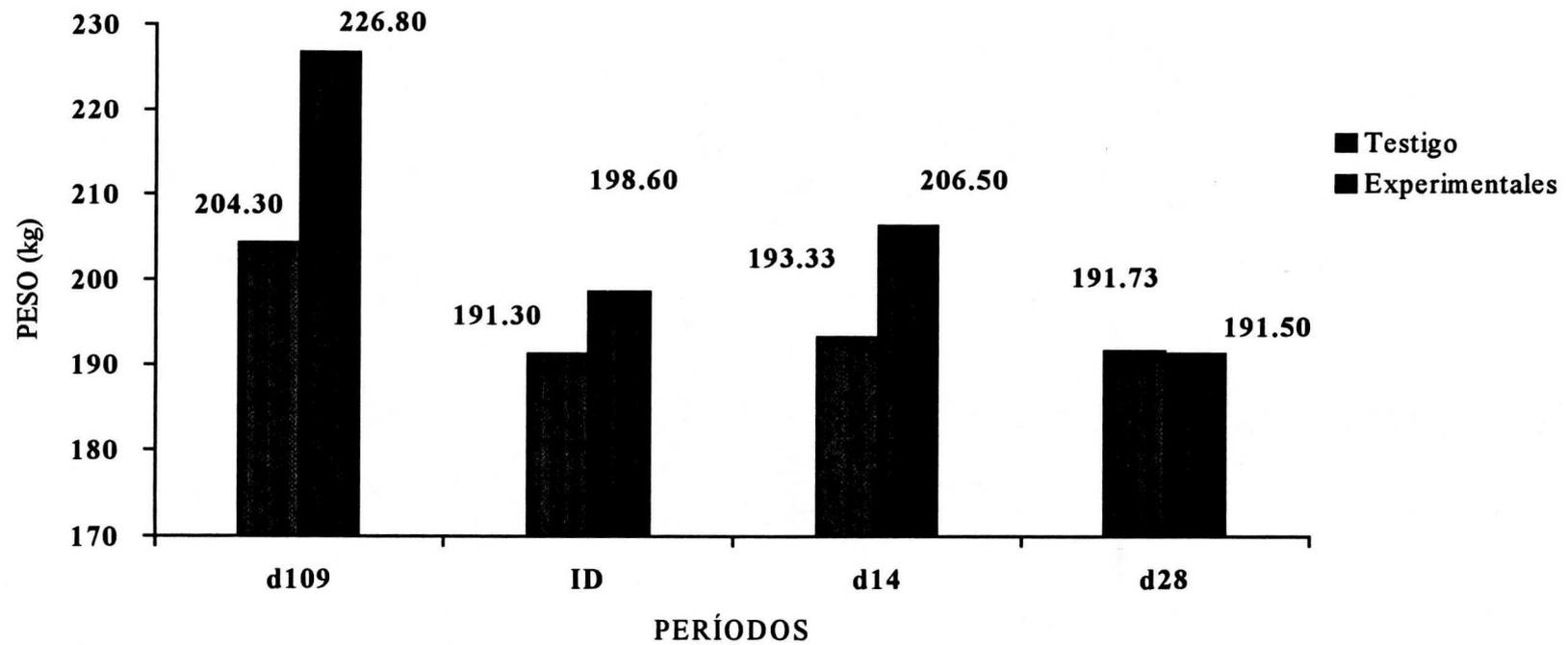


Figura 3. Peso vivo (kg) en el día 109 de gestación (d109), inmediatamente después del parto (ID), el día 14 (d14) y 28 postparto (d28) de cerdas múltiparas alimentadas con una dieta a base de maíz-sorgo adicionada o no con el 10% de los requerimientos de EM/d en forma de grasa de pollo.

Lechones nacidos vivos. Con respecto a esta variable, no se encontraron diferencias ($P>.05$) por efecto de la dieta (Cuadro 7), lo que pudiera atribuirse a que el tamaño de la camada está definida desde el momento de la fertilización, y la adición de grasa se hizo 15 d antes de la fecha probable de parto, lo cual no puede aumentar el tamaño de la camada, aunque al suplementar la grasa se espera mantener el número de fetos vivos hasta el parto. Los resultados concuerdan con los reportados por Stahly *et al.* (1981) quienes no encontraron efecto de la suplementación con 10% de aceite de girasol en dietas para cerdas durante tres ciclos reproductivos, y con Reese *et al.* (1982) los cuales, proporcionando dietas altas en energía (16 Mcal EM/d), no encontraron diferencia en el número de lechones nacidos vivos con respecto al testigo (12 Mcal EM/d). Asimismo, por el número de parto (Cuadro 8) no se encontró diferencia significativa ($P>0.05$).

Cuadro 7. Efecto de la dieta sobre el comportamiento de la camada

Variable	Testigo*	Experimental**	P
Total de lechones nacidos (número)			
Vivos	8.79	8.87	0.517
Muertos	1.96	1.37	0.372
Peso al nacimiento/camada (kg)	10.54	11.99	0.399
Consumo de alimento/19 d/camada (kg)	1.16	1.71	0.434

*Dieta a base de maíz-sorgo (n = 7).

**Dieta a base de maíz-sorgo + 10% más de los requerimientos de EM/d (n = 8).

Cuadro 8. Efecto del número de parto sobre el comportamiento de la camada

Variable	Primerizas	Múltiparas*	P
Total de lechones nacidos (número)			
Vivos	9.5	8.16	0.146
Muertos	0.25	3.08	.01
Peso al nacimiento/camada (kg)	10.60	11.93	0.850
Consumo de alimento/19 d /camada (kg)	2.43	0.437	.01

*De segundo y tercer parto.

Lechones nacidos muertos. En esta variable, no se encontró efecto ($P > .05$) de la adición de grasa (Cuadro 7), resultado que concuerda con Pettigrew (1981) quien menciona que la adición de grasa a la dieta, no presenta efecto sobre esta variable. Sin embargo, el número de parto (Cuadro 8), tuvo efecto ($P < .01$) sobre el número de lechones nacidos muertos, lo cual probablemente se debe a que en las múltiparas, los nacidos muertos se incrementan debido a una mayor duración del parto (English *et al.*, 1985), lo que está asociado a menores contracciones del miometrio, y por lo tanto, el período entre nacimientos se incrementa (primerizas: 56 minutos; múltiparas: 136 minutos), ocasionando que los lechones mueran por asfixia (Hughes y Varley, 1984).

Peso al nacimiento de la camada. Con respecto al peso al nacimiento, no se encontró efecto ($P > .05$) de la dieta (Cuadro 7), encontrándose valores de 10.54 kg el testigo y 11.99 kg, el experimental, lo cual concuerda con Stahly *et al.* (1981), Reese *et al.* (1982) y Johnston *et al.* (1986), quienes adicionando diferentes fuentes de energía de origen vegetal o animal en un 10%, no encontraron efecto significativo sobre el peso al nacimiento de la camada; lo cual podría deberse a que la energía fue adicionada los últimos 15 d de la

gestación, y que dicho porcentaje de inclusión no fue suficiente para que se obtuviera una respuesta favorable. El número de parto (Cuadro 8), no tuvo efecto ($P > .05$), las primerizas tendieron a parir camadas con menor peso (10.60 kg) que las multíparas (11.93 kg). Estos resultados, numéricamente, son similares a los de Cortés y Cadena (1986) quienes mencionan que las primerizas parieron lechones con menor peso que las multíparas. Los resultados probablemente se atribuyan a que las primerizas, aún siguen creciendo, por lo que su demanda de nutrientes es más alta que para las multíparas, y por consecuencia, el peso de los lechones disminuye.

Consumo de alimento de la camada. No se encontró diferencia ($P > .05$) por efecto de la dieta (Cuadro 7). Con respecto al número de parto, se encontró que camadas de primerizas consumen mayor ($P < .05$) cantidad de alimento que las de multíparas (Cuadro 8); resultados que concuerdan con Stahly *et al.* (1981) quienes adicionando aceite de girasol en un 10% a la dieta de multíparas, observaron que sus camadas consumían menor cantidad de alimento sólido. Nuestros resultados se deben probablemente a una mayor producción de leche de las cerdas multíparas, siendo éstas más productivas que las primerizas, además, las primerizas presentaron diarreas que afectaron negativamente la producción de leche.

Intervalo destete-estro (IDE). Por efecto de la dieta (Cuadro 9), se encontró que las cerdas experimentales, tuvieron mayor ($P < .01$) intervalo destete-estro que las testigo, siendo estos valores, 9 vs 4 d, respectivamente. Los resultados obtenidos se atribuyen a diferencias en el peso corporal al destete (entre primerizas, los pesos fueron menores en las experimentales), y a que las multíparas experimentales habían presentado problemas reproductivos en etapas

anteriores (anestros, infecciones, abortos). Con respecto al efecto del número de parto (Cuadro 10), no se encontraron diferencias significativas, presentando tendencia, a menor intervalo, las multíparas (5.62 d) vs las primerizas (7.37 d), tendencia que concuerda con King (1978, citado por Ramírez y Alonso, 1987), que menciona que las multíparas tienen un IDE menor que las primerizas, debido a que las primerizas tardan mayor tiempo en salir del desbalance energético de la lactancia en comparación con las multíparas (Rojkittikhun *et al.*, 1992). Las comparaciones entre primerizas testigo vs primerizas experimentales (4 d vs 10.75 d) presentaron diferencias altamente significativas, las cuales pudieron deberse a la diferencia de peso corporal al destete, que fue menor en las experimentales; mientras que la comparación entre multíparas testigo vs multíparas experimentales (3.67 d vs 7.25 d) fue significativa, diferencias atribuidas a que las concentraciones plasmáticas de insulina tendieron a ser ligeramente menores durante la lactancia en las cerdas experimentales, lo que pudiera corroborar el efecto de la insulina a nivel de hipófisis para la secreción de LH, y por lo tanto, en la presentación de IDE más cortos.

Intervalo destete-concepción (IDC). Con respecto a esta variable, se encontró que el efecto de la adición de grasa (Cuadro 9), fue altamente significativo; teniendo que las experimentales presentaron un mayor intervalo en contraste con las cerdas testigo. Por el número de parto (Cuadro 10), las primerizas presentaron ($P > .05$) un intervalo de 37.5 d y las multíparas de 14.54 d. Las diferencias por la dieta se deben a que las experimentales presentaron un mayor IDE que las testigo, provocado por un mayor número de repetición de calores, lo cual estuvo influenciado por las cerdas primerizas experimentales, que tuvieron menores pesos al destete como consecuencia de un brote de diarrea que se presentó en el

módulo; y por el número de parto, porque las cerdas primerizas tardan mayor tiempo en salir del desbalance energético de la lactancia, en comparación con las multíparas, incrementándose dicho intervalo (Rojkittikhun *et al.*, 1992).

Cuadro 9. Efecto de la dieta sobre el intervalo destete-estro (IDE) e intervalo destete concepción (IDC) de las cerdas

Variable	Testigo*	Experimental**	P
IDE (días)	4	9	.01
IDC (días)	9.62	41.87	.01

*Dieta a base de maíz-sorgo (n = 7).

**Dieta a base de maíz-sorgo + 10% más de los requerimientos de EM/d (n = 8).

Cuadro 10. Efecto del número de parto sobre el intervalo destete-estro (IDE) e intervalo destete concepción (IDC) de las cerdas

Variable	Primerizas	Multíparas ¹	P
IDE (días)	7.37	5.62	0.978
IDC (días)	37.5	14.54	0.192

¹Cerdas de segundo y tercer parto.

Concentraciones plasmáticas de insulina. No se encontró efecto significativo de la dieta (Cuadro 11), aunque la tendencia, durante las mediciones realizadas (día 109 de gestación, inmediatamente después del parto, 14 d de lactancia y al destete), fue de mayores concentraciones en las cerdas experimentales (Figuras 4 y 5). Por el número de parto (Cuadro 12), las concentraciones de insulina fueron estadísticamente diferentes, presentando las multíparas, menores concentraciones que las primerizas, lo cual, de acuerdo con Rojkittikhun *et al.* (1993), podría reflejar un incremento de la utilización de la insulina por la glándula mamaria, para producción de leche. También podría explicarse por estudios realizados en ratas de 2-12 meses, donde se observó que conforme se incrementaba la edad de éstas,

disminuía la eficiencia de secreción de insulina (Reaven *et al.*, 1979; Reaven *et al.*, 1983 y Curry *et al.*, 1984, citados por Curry y MacLachlan, 1987). La interacción del período de muestreo*tratamiento no fue significativa.

Cuadro 11. Efecto de la dieta sobre las concentraciones plasmáticas de insulina durante la gestación¹ y lactancia² de las cerdas

Variable	Testigo*	Experimental**	P
Insulina (μ UI/ml)			
Día 109 de gestación	10.58	12.58	NS
Inmediatamente después del parto	11.89	21.37	NS
Día 14 de lactancia	15.0	19.89	NS
Destete	8.82	13.57	NS

¹15 días antes de la fecha probable de parto.

²Durante 28 días.

*Dieta a base de maíz-sorgo (n = 7).

**Dieta a base de maíz-sorgo + 10% más de los requerimientos de EM/d (n = 8).

Cuadro 12. Efecto del número de parto sobre las concentraciones plasmáticas de insulina durante la gestación¹ y lactancia² de las cerdas

Variable	Primerizas	Múltiparas*	P
Insulina (μ UI/ml)			
Día 109 de gestación	15.53	7.62	.05
Inmediatamente después del parto	23.65	9.61	.05
Día 14 de lactancia	20.05	14.85	.05
Destete	14.16	8.22	.05

¹15 días antes de la fecha probable de parto.

²Durante 28 días.

*Cerdas de segundo y tercer parto.

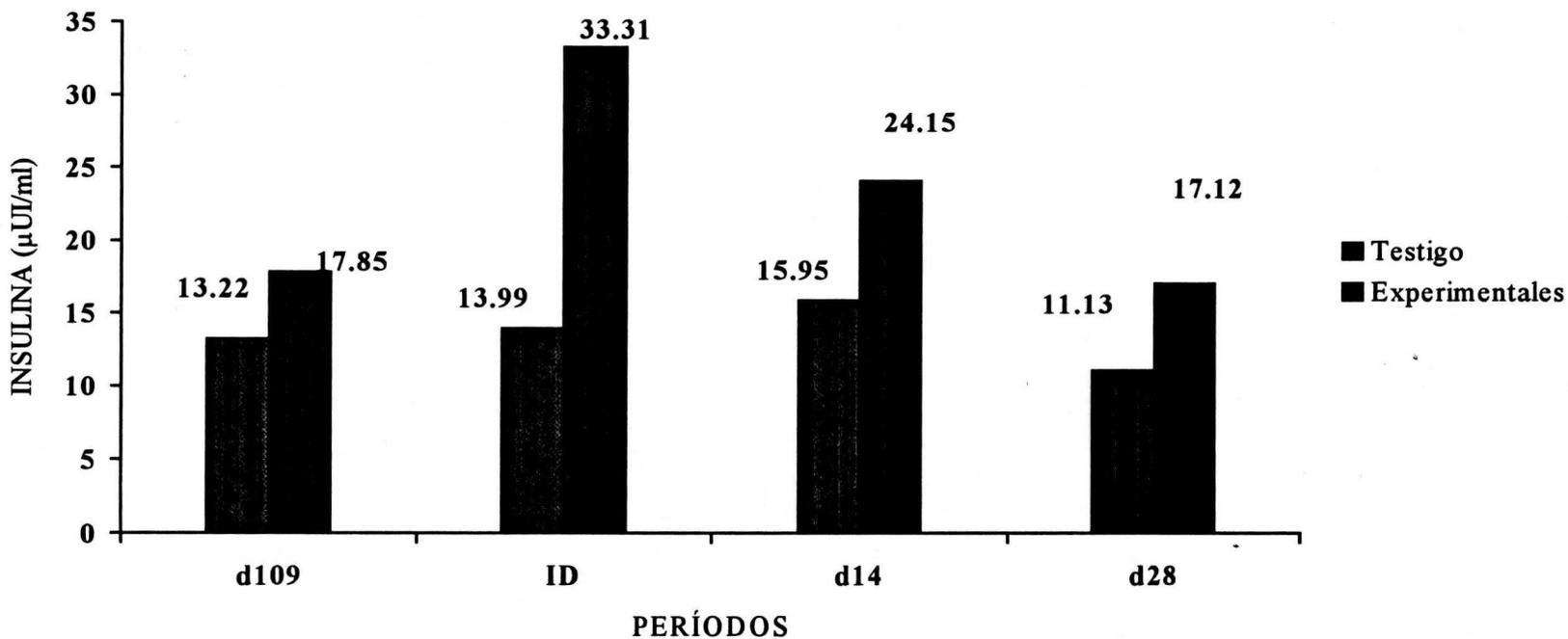


Figura 4. Concentraciones plasmáticas promedio de insulina ($\mu\text{UI/ml}$) en el día 109 de gestación (d109), inmediatamente después del parto (ID), el día 14 (d14) y 28 postparto (d28) de cerdas primerizas alimentadas con una dieta a base de maíz-sorgo adicionada o no con el 10% de los requerimientos de EM/d en forma de grasa de pollo.

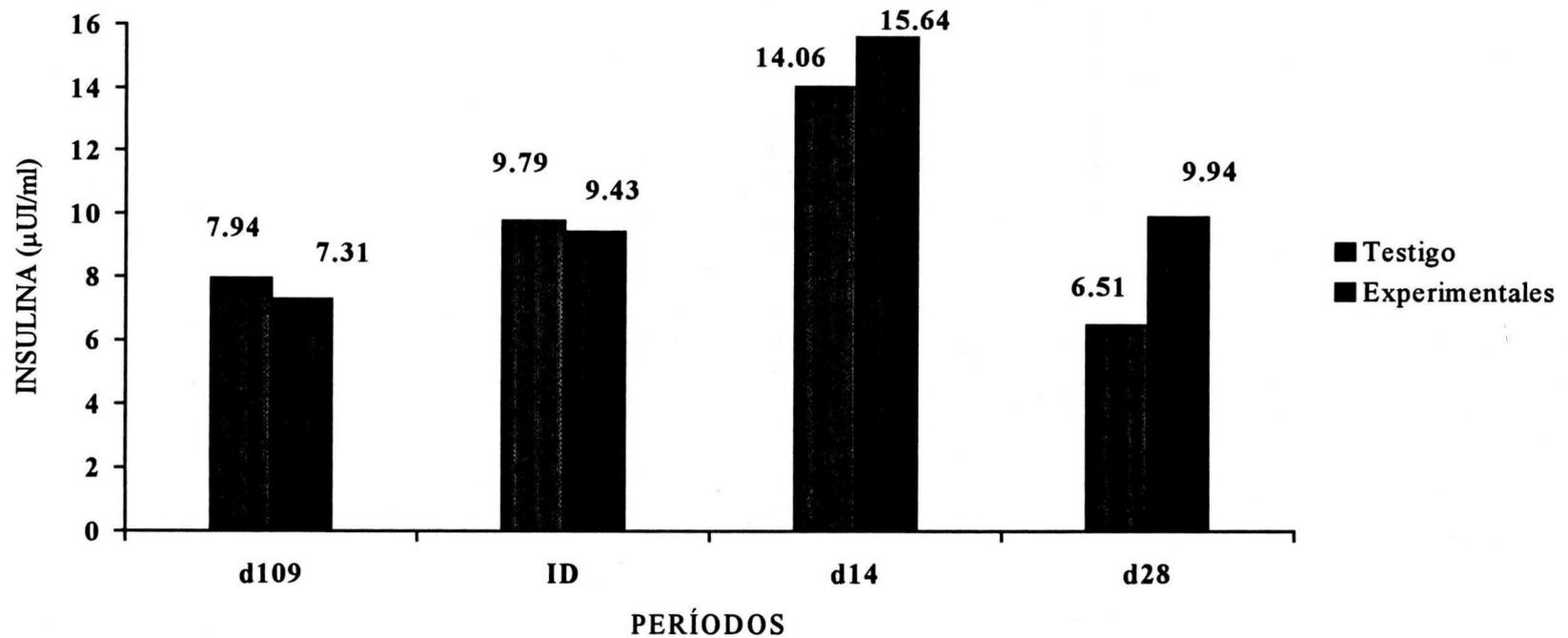


Figura 5. Concentraciones plasmáticas promedio de insulina (μ UI/ml) en el día 109 de gestación (d109), inmediatamente después del parto (ID), el día 14 (d14) y 28 postparto (d28) de cerdas múltiparas alimentadas con una dieta a base de maíz-sorgo adicionada o no con el 10% de los requerimientos de EM/d en forma de grasa de pollo.

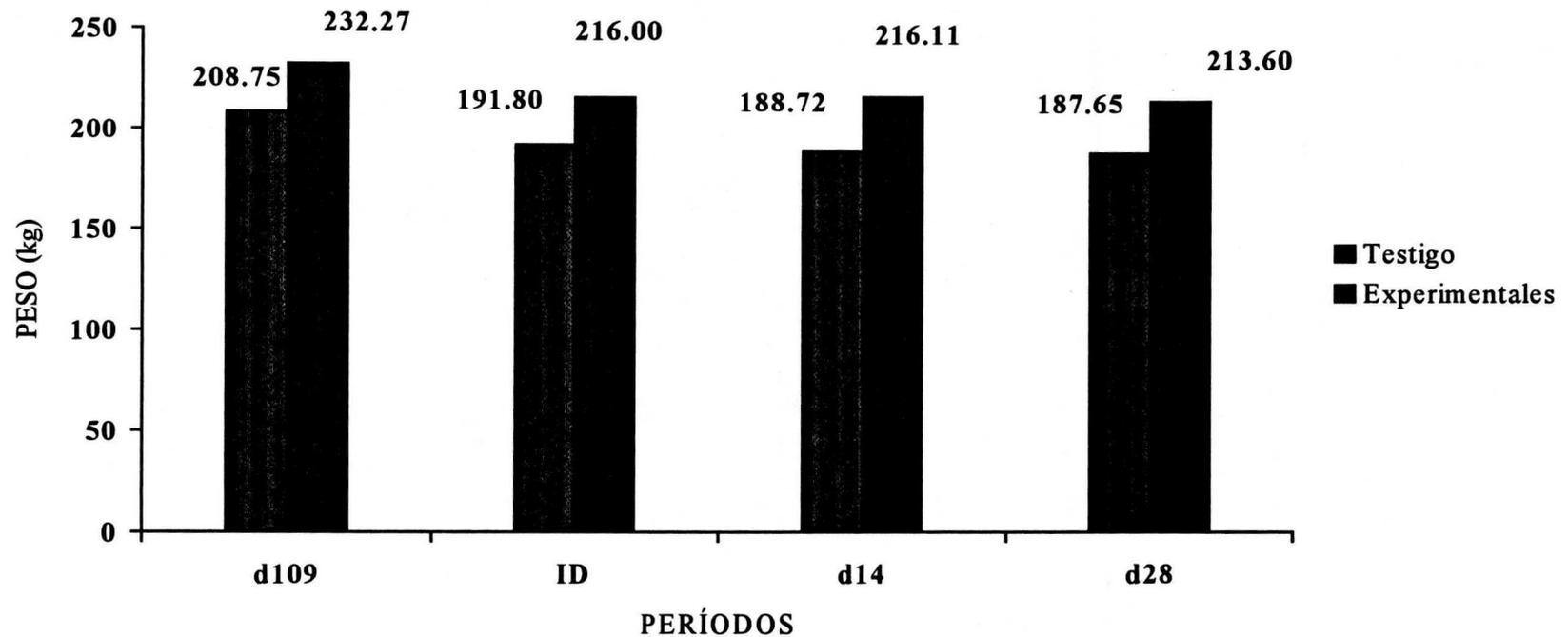


Figura 6. Peso vivo (kg) en el día 109 de gestación (d109), inmediatamente después del parto (ID), el día 14 (d14) y 28 postparto (d28) de cerdas multiparas alimentadas con una dieta a base de maíz-sorgo adicionada o no con el 10% de los requerimientos de EM/d en forma de grasa de pollo.

EXPERIMENTO 2.

Consumo de alimento a partir del día 109 de gestación y hasta el parto. El consumo de alimento de las cerdas en este período, fue mayor ($P < .05$) en las que se adicionó grasa de pollo en la dieta (Cuadro 13); lo cual se puede explicar por una mayor concentración de insulina durante el d 109 de gestación del tratamiento experimental (12.58 $\mu\text{UI/ml}$) que el testigo (8.86 $\mu\text{UI/ml}$), lo cual incrementó el consumo de alimento, y como consecuencia, las cerdas tendieron a perder menor peso corporal por una disminución de la liberación de ácidos grasos no esterificados del tejido adiposo (Weldon *et al.*, 1994); y también a una mayor palatabilidad proporcionada por la grasa de pollo, y a que las cerdas, antes del experimento, estuvieron sometidas a una alimentación restringida. En el experimento 1, entre las cerdas multíparas, se observó que la adición de grasa no disminuyó ($P > .05$) el consumo de alimento, pero si se detectó tendencia a incrementarlo (2.1 kg/d vs 1.88 kg/d), así como en las concentraciones de insulina durante el d 109 de gestación (11.13 $\mu\text{UI/ml}$ del experimental vs 10.62 $\mu\text{UI/ml}$ del testigo), lo que podría indicar, que en cerdas multíparas, la adición del 10% de grasa de pollo no disminuye significativamente el consumo, lo cual pudiera estar influenciado básicamente por la palatabilidad de la grasa y no por las concentraciones de insulina durante el día 109 de gestación.

Consumo de alimento de la cerda durante lactancia. La adición de grasa afectó ($P < .05$) el consumo (Cuadro 13), lo cual podría estar afectado por una mayor palatabilidad del alimento con grasa, e indirectamente (no se encontraron diferencias estadísticas) por el peso corporal (Figura 6) inmediatamente después del parto (216.00 kg vs 191.80 kg), a los 14 d de

lactancia (216.11 kg vs 188.72 kg) y al destete (213.11 kg vs 187.95 kg); y además, porque el grupo experimental tenía mayores concentraciones de insulina (Figura 7) durante el día 109 de gestación (11.13 μ UI/ml vs 10.62 μ UI/ml), inmediatamente después del parto (16.81 μ UI/ml vs 8.49 μ UI/ml), a los 14 d de lactancia (24.95 μ UI/ml vs 14.47 μ UI/ml) y al destete (13.68 μ UI/ml vs 10.40 μ UI/ml). Las altas concentraciones de insulina, incrementan el consumo de alimento y disminuyen las pérdidas de peso (Weldon *et al.*, 1994).

Cuadro 13. Efecto de la dieta sobre el consumo de alimento, ganancia de peso en gestación y peso corporal de cerdas multíparas³ durante gestación¹ y lactancia²

Variable	Testigo*	Experimental**	P
Consumo de alimento (kg)			
Día 109 de gestación hasta el parto	1.983	2.260	.05
Lactancia	5.612	6.220	.05
Ganancia de peso durante gestación***	22.5	22.5	
Peso corporal (kg)			
Día 109 de gestación	208.75	232.27	0.25
Inmediatamente después del parto	191.8	216.0	0.19
Día 14 de lactancia	188.72	216.11	0.13
Destete	187.95	213.60	0.15

¹15 días antes de la fecha probable de parto.

²Durante 28 días.

³Cerdas de segundo, tercero y cuarto parto.

*Dieta a base de maíz-sorgo (n = 8).

** Dieta a base de maíz-sorgo + 10% más de los requerimientos de EM/d (n = 9).

***Ganancia promedio estimada, considerando una ganancia total de 45 kg, 25 kg de la madre y 20 kg de los productos de la concepción.

Ganancia de peso promedio durante gestación. Al igual que en el experimento anterior, se hizo una estimación, no se analizaron estadísticamente los valores obtenidos; los animales ganaron 22.5 kg. (Cuadro 13).

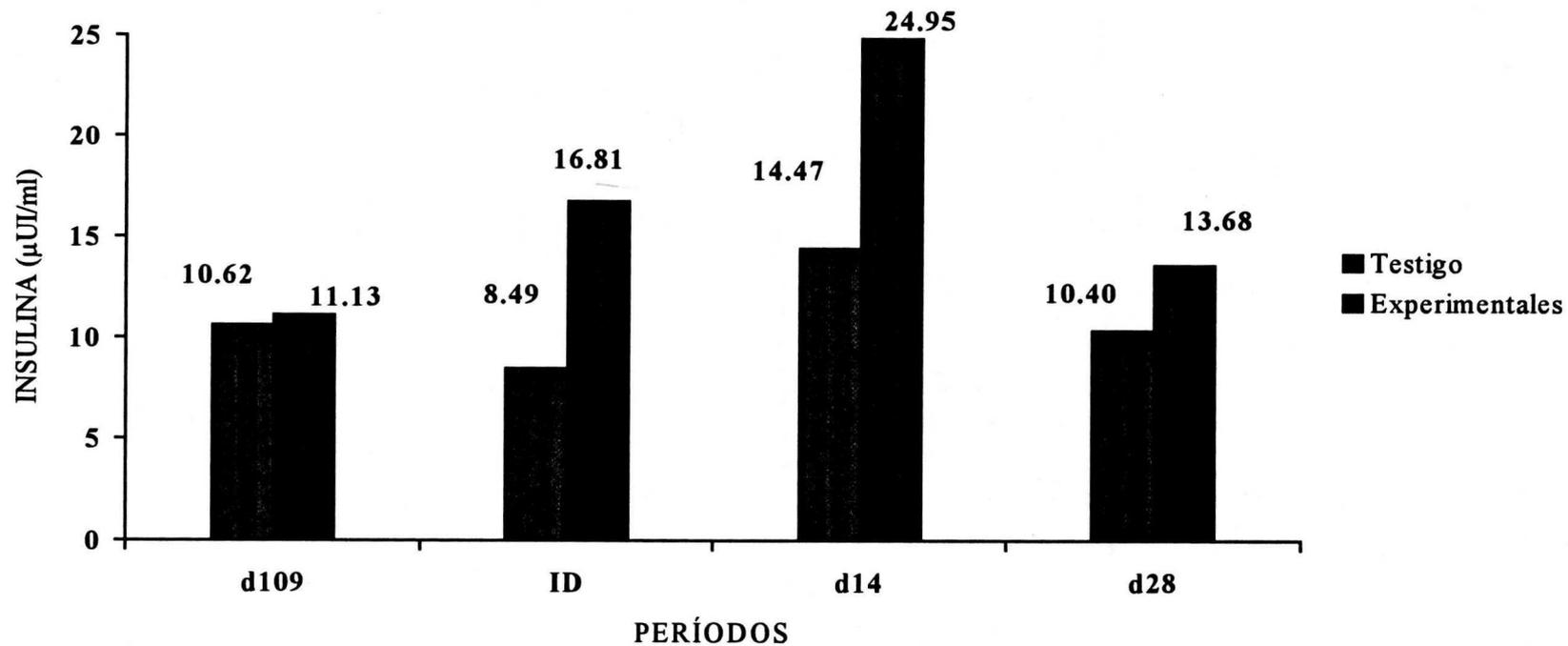


Figura 7. Concentraciones plasmáticas promedio de insulina ($\mu\text{UI/ml}$) en el día 109 de gestación (d109), inmediatamente después del parto (ID), el día 14 (d14) y 28 postparto (d28) de cerdas múltiples alimentadas con una dieta a base de maíz-sorgo adicionada o no con el 10% de los requerimientos de EM/d en forma de grasa de pollo.

Peso de la cerda inmediatamente después del parto. En esta variable, no se encuentran diferencias ($P>.05$), no obstante, con el tratamiento experimental se presentó tendencia a mayor peso que el grupo testigo (Cuadro 13). Lo cual podría deberse, probablemente, al mayor consumo de alimento que hizo este grupo antes del parto y a las mayores concentraciones plasmáticas de insulina, lo cual reduce las pérdidas de peso corporal.

Peso de la cerda a los 14 d. No se encontró efecto de la adición de grasa a la dieta ($P>.05$), aunque, numéricamente, el grupo con adición de grasa, tendió a presentar mayor peso que el testigo, 216.11 kg vs 188.72 kg, respectivamente. Estos resultados podrían atribuirse nuevamente a las mayores concentraciones de insulina desde el inicio del experimento, que de acuerdo con Weldon *et al.* (1994), incrementan el consumo de alimento y reducen la pérdida de peso corporal (Cuadro 13).

Peso de la cerda al destete. En los resultados obtenidos, no se encontraron diferencias significativas, aunque las tendencias fueron, para el grupo experimental, un mayor peso al destete que el grupo testigo (Cuadro 13). Lo cual se debió posiblemente, al mayor consumo de alimento del grupo experimental durante todo el período en que se adicionó grasa de pollo y a que se presentaron mayores concentraciones de insulina, que como se había señalado anteriormente (Weldon *et al.*, 1994), incrementan el consumo de alimento y reducen las pérdidas de peso corporal. Nuestras tendencias, numéricamente concuerdan con Seerley (1989), quien adicionó 10% de grasa animal (de res y cerdo, 1.5:1) a la dieta, y observó que estas cerdas incrementaban su peso en relación con el testigo.

Lechones nacidos vivos. No se encontraron diferencias entre los tratamientos ($P>.05$), pero el grupo experimental tendió a presentar un mayor número de lechones que el testigo (9.11 vs 8.62, respectivamente). Aunque nuestros resultados son tendencias, numéricamente concuerdan con Boyd *et al.* (1978) quienes adicionando 10% de sebo a la dieta de cerdas gestantes en el último período de ésta, registraron mayor proporción de cerditos nacidos vivos. Dicha tendencia, podría deberse a que la adición de energía a la dieta se hizo en las últimas dos semanas, siendo en éste período, cuando los lechones alcanzan su máximo desarrollo, y probablemente la energía, mantiene las reservas del lechón hasta el final de la gestación, incrementando sus posibilidades de supervivencia (Cuadro 14).

Lechones nacidos muertos. En esta variable, no se encontró efecto de la suplementación de grasa a la dieta ($P>.05$), sólo se observó tendencia numérica mayor del testigo vs el experimental, encontrando similitud con los reportes de Seerley (1989) quien adicionando 10% de aceite de girasol, encontró menor proporción de lechones nacidos muertos, en contraste con el testigo (Cuadro 14).

Cuadro 14. Efecto de la dieta¹ sobre el comportamiento de la camada de cerdas multiparas²

Variable	Testigo	Experimental	P
Total de lechones nacidos (número)			
Vivos	8.625	9.111	0.70
Muertos	1.222	1.000	0.76
Peso de la camada (kg)			
Nacimiento	12.83	11.76	0.560
7 d de edad	21.33	18.153	0.350
14 d de edad	28.34	29.25	0.860
21 d de edad	38.01	39.14	0.870
Destete	46.11	48.70	0.760
Consumo de alimento/19 d/camada (kg)	.7256	.4128	0.05
Mortalidad (%)	14.30	25.60	0.127
Número de lechones destetados	7.500	7.000	0.686

¹Dieta a base de maíz-sorgo (n = 8, testigo). y dieta a base de maíz-sorgo + 10% más de los requerimientos de EM/d (n = 9, experimental).

²Cerdas de segundo, tercero y cuarto parto.

Peso al nacimiento de la camada. En esta variable, la adición de grasa de pollo no afectó ($P > .05$) esta variable, aunque el grupo testigo tendió a mayor peso al nacimiento (Cuadro 14) que el experimental. Nuestros resultados concuerdan con Tilton *et al.* (1997) quienes adicionando 10% de sebo a la dieta de lactancia de cerdas, no encontraron efecto, aunque el grupo testigo, tendió a mayores pesos de sus camadas. Probablemente, los resultados se deban a que la energía no tiene efecto sobre el peso de la camada (NRC, 1988).

Peso de la camada a los 7 d. No se encontró diferencia de la adición de grasa ($P > .05$), encontrando la misma tendencia que en el peso al nacimiento (Cuadro 14). De

acuerdo con Boyd *et al.* (1978), esta diferencia es un reflejo de los pesos al nacimiento.

Peso de la camada a los 14 d. En esta variable, la adición de grasa no tuvo efecto ($P > .05$), sin embargo, la tendencia en el grupo experimental, fue de mayor peso que el testigo (Cuadro 14). Los resultados probablemente se explican porque en este período se da la mayor producción de leche en la cerda, y por lo tanto, a las hembras que se adicionó grasa, incrementaron en mayor grado la producción y contenido energético de la leche, dando como consecuencia mayor peso de sus camadas. Nuestros resultados concuerdan con Tilton *et al.* (1997) quienes no encuentran diferencias con la adición del 10% de sebo a la dieta de lactancia de cerdas, pero tendencia a mayores pesos del grupo experimental. Sin embargo, en este período, Boyd *et al.* (1978) observaron una disminución en el peso de los cerditos amamantados por cerdas a las que se les adicionó grasa, los autores lo explican como un reflejo de los pesos al nacimiento, pero seguramente existen otros factores que no fueron considerados.

Peso de la camada a los 21 d. La adición de grasa a la dieta, no afectó significativamente el peso de la camada a los 21 d, aunque numéricamente, el grupo experimental, presentó tendencia a mayor peso que el testigo (Cuadro 14); resultados que podrían deberse a una mayor producción y contenido energético de la leche de las cerdas experimentales, de acuerdo con NRA (1995). Tilton *et al.* (1997) adicionando 10% de sebo a la dieta de lactancia, encontraron un mayor peso ($P < .05$) al destete de los lechones de cerdas experimentales, lo cual fue provocado por una mayor ($P < .05$) cantidad de grasa en la canal de

estos cerdos.

Peso de la camada a los 28 d. No se observó diferencia ($P>.05$), tan sólo numéricamente, el grupo experimental superó al grupo testigo, 48.70 kg vs 46.11 kg, respectivamente (Cuadro 14); las posibles explicaciones a esto, podrían ser las mismas razones que se indican anteriormente. Nuestros resultados concuerdan con Jackson *et al.* (1995), quienes suplementando grasa a la dieta de cerdas lactantes, observaron que se incrementaba el peso al destete de sus camadas. En la Figura 8, se muestra el peso de la camada del nacimiento hasta el destete, observándose que aunque no se presentaron diferencias estadísticas ($P>.05$), las camadas experimentales tienden a incrementar su peso.

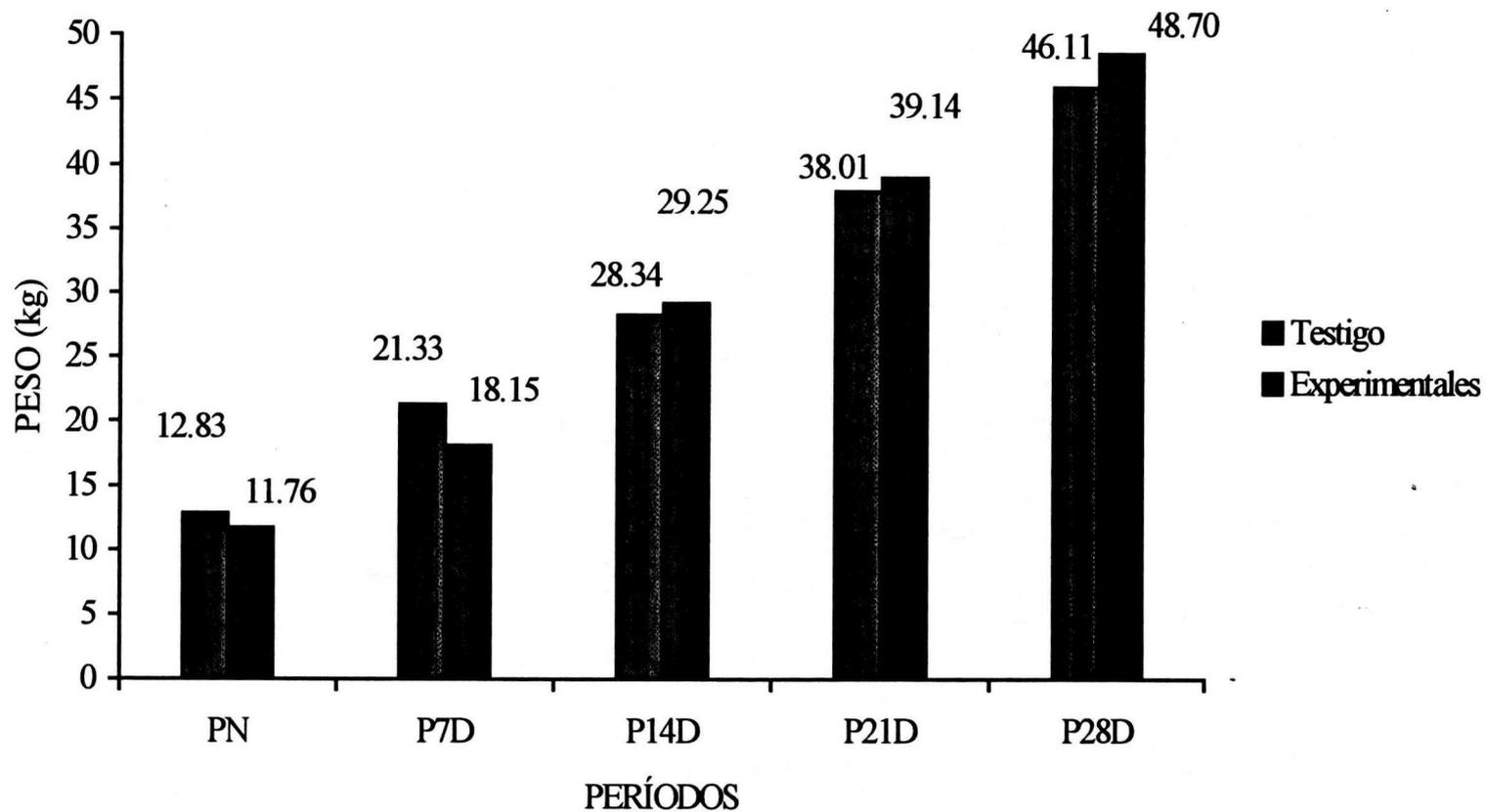


Figura 8. Peso de la camada al nacimiento (PN), a los 7 d (P7d), a los 14 d (P14d), a los 21 d (P21d) y al destete (P28d) de cerdas múltiples alimentadas con una dieta a base de maíz-sorgo adicionada o no con el 10% de los requerimientos de EM/d en forma de grasa de pollo.

Consumo de alimento de la camada. Con respecto a esta variable, se encontró efecto ($P < .05$) de la adición de grasa a la dieta de la madre, lo cual estuvo influenciado por el tamaño de camada; siendo las camadas del grupo testigo, las que consumieron mayor cantidad de alimento que las del experimental, 0.726 vs 0.413 kg, respectivamente, lo cual podría explicarse por una menor producción de leche de las cerdas bajo el tratamiento testigo (NRA, 1995). Estos resultados concuerdan con Stahly *et al.* (1989) que adicionando 10% de aceite de girasol a la dieta de cerdas multíparas, observaron que las camadas de estas cerdas, consumían menor cantidad de alimento que a las que no se adicionó (Cuadro 14).

Mortalidad de la camada durante lactancia. En esta variable, no se encontró efecto ($P > .05$) de la adición de grasa a la dieta, sin embargo, se observa la tendencia numérica de mayor porcentaje de mortalidad en el grupo experimental vs el testigo, siendo los valores promedio, 25.6 vs 14.3%, respectivamente. La principal causa de mortalidad fue aplastamiento. Nuestra tendencia podría deberse a que el trabajo fue realizado en paridero y no en jaulas, lo que aumenta la proporción de aplastamiento por las cerdas (De Alba, 1970), y porque las alimentadas con grasa de pollo, mantuvieron mayores pesos durante todo el trabajo de investigación, siendo más torpes (Cuadro 14).

Número de lechones destetados. La adición de grasa no afectó significativamente esta variable (Cuadro 14).

Intervalo destete-estro (IDE). Con respecto a esta variable, no se encontró efecto ($P > .05$) de la adición de grasa (4.25 vs 4.22 d, testigo vs experimental, Cuadro 15). Sin

embargo, Tokach *et al.* (1992), adicionando sebo a la dieta de cerdas, observaron que estas presentaban un IDE menor ($P < .05$) que las cerdas testigo. En nuestro trabajo no se encontraron diferencias, lo cual nos indica que la dieta proporcionada cubrió los requerimientos de las hembras, asimismo, que los animales fueron mantenidos en buenas condiciones. Nuestros resultados coinciden con un trabajo realizado por Flores (1994) en el mismo módulo de porcinos (UACH), en el que se determinó que las cerdas multíparas no presentan diferencias importantes en su comportamiento reproductivo.

Intervalo destete-concepción (IDC). Para esta variable, no se detectó efecto significativo por la adición de grasa a la dieta (Cuadro 15). El no haber encontrado diferencias estadísticas nos indica que el manejo proporcionado a las hembras después de la monta fue adecuado.

Cuadro 15. Efecto de la dieta¹ sobre el intervalo destete-estro (IDE) e intervalo destete-concepción (IDC) de cerdas multíparas²

Variable	Testigo*	Experimental**	P
IDE (d)	4.25	4.22	= 0.969
IDC (d)	13.25	14.50	= 0.919

¹Dieta a base de maíz-sorgo (n = 8, testigo). y dieta a base de maíz-sorgo + 10% más de los requerimientos de EM/d (n = 9, experimental).

²Cerdas de segundo, tercero y cuarto parto.

Concentraciones plasmáticas de insulina. No se encontró efecto ($P > .05$) sobre los períodos de muestreo (existiendo tendencia del grupo con adición de grasa de pollo, a mayores concentraciones de insulina durante las mediciones realizadas), como tampoco en la

interacción período de muestreo x tratamiento; sin embargo, en el promedio de las concentraciones de tratamiento, se encontraron diferencias significativas (Cuadro 16), teniendo las cerdas experimentales mayor concentración (17.231 μ IU/ml) que las cerdas testigo (11.736 μ IU/ml). El incremento de las concentraciones de insulina, está relacionado con un mejor comportamiento reproductivo, y aunque dicho comportamiento, no fue significativo, presentó tendencia a ser mejor en el grupo experimental, lo cual pudiera corroborar el efecto positivo de la insulina, tanto a nivel de ovario (Channing *et al.*, 1976), como de la hipófisis (Adashi *et al.*, 1981) para la secreción de hormonas reproductivas.

Cuadro 16. Efecto de la dieta¹ sobre las concentraciones plasmáticas de insulina durante la gestación² y la lactancia³ de cerdas multíparas⁴

Variable	Testigo*	Experimental**	P
Insulina (μ UI/ml)			
Día 109 de gestación	10.62	11.13	NS
Inmediatamente después parto	8.49	16.81	NS
14 días de lactancia	14.47	24.95	NS
Destete	10.40	13.68	NS
Promedio	11.736	17.231	<.05

¹ Dieta a base de maíz-sorgo (n = 8, testigo). y dieta a base de maíz-sorgo + 10% más de los requerimientos de EM/d (n = 9, experimental).

² 15 días antes de la fecha probable de parto.

³ Durante 28 días.

⁴ Cerdas de segundo, tercero y cuarto parto.

V. CONCLUSIONES

La adición del 10% de los requerimientos de EM/d a la dieta de cerdas primerizas y multíparas, a partir del día 109 de gestación y durante 28 d de lactancia, no fue suficiente para incrementar el comportamiento reproductivo.

VI. RECOMENDACIONES

Bajo las condiciones en que se realizó este trabajo, se recomienda la adición de grasa de pollo a razón del 10% de los requerimientos de EM/d en las dietas de gestación y lactancia de cerdas, particularmente, en granjas donde sus parámetros reproductivos sean bajos, logrando así, un incremento de la productividad.

VII. LITERATURA CITADA

- Adashi, E. Y., A. J. W. Hsueh, and S. S. C. Yen. 1981. Insulin enhancement of luteinizing hormone and follicle-stimulating hormone release by cultured pituitary cells. *Endocrinology* 108:1441.
- Aherne, F. X., and R. N. Kirkwood. 1985. Nutrition and sow prolificacy. *J. Reprod. Fertil. (Suppl.)* 33:169.
- Allen, W. R., M. Nilsen-Hamilton, R. T. Hamilton, and D. Gospodarowicz. 1979. Serum-dependent regulation of α -aminoisobutyric acid uptake in bovine granulosa cells. *J. Cell Physiol.* 98:491.
- Anderson, L.L. 1978. Growth, protein content and distribution of early pig embryos. *Anat. Rec.* 190:143.
- Araiza. 1994. Alimentación de la hembra reproductora. In: *Primera Jornada en Producción Porcina*. FMVZ-UNAM. México, D. F. Pp 94.
- Armstrong, J. D., and J. H. Britt. 1987. Nutritionally-induced anestrus in gilts: metabolic and endocrine changes associated with cessation and resumption of estrous cycles. *J. Anim. Sci.* 65:508.
- Baidoo, S. K., F. X. Aherne, R. N. Kirkwood, and G. R. Foxcroft. 1992. Effect of feed intake during lactation and after weaning on sow reproductive performance. *Can. J. Anim. Sci.* 72:911.
- Becerril, J. 1986. Características reproductivas del porcino. In: *Reproducción de animales domésticos*. Pp 328. Ed. Limusa. México.
- Bevers, M. M., A. H. Willemse, and T. A. M. Kruip. 1978. Plasma, prolactin levels in the sow during lactation and the postweaning period as measured by radioimmunoassay. *Biol. Reprod.* 19:628.
- Boyd, R. D., B. D. Moser, E. R. Peo Jr., and Cunningham. 1978. Effect of tallow and choline chloride supplementation prior to parturition and during lactation on pig survival and growth on milk lipids. *J. Anim. Sci.* 47:883
- Brent, G. 1974. Pregnant sows and gilts. *Pig Farming* 2:89.
- Brooks, P. H., and D. J. A. Cole. 1972. Studies in sow reproduction. 1. The effect of nutrition between weaning and remating on the reproductive performance of primiparous sows. *Anim. Prod.* 15:259.
- Brooks, P. H., D. J. A. Cole, P. Rowlinson, V. J. Croxson, and L. R. Luscombe. 1975. Studies in sow reproduction. 3. The effect of nutrition between weaning and remating on the reproductive performance of multiparous sows. *Anim. Prod.* 20:407.
- Campabadal, C. y H. G. Navarro. 1996. Alimentación de la cerda gestante bajo condiciones tropicales. In: *Soyanoticias*. Asociación Americana de la Soya. Enero-Marzo. No. 244.

- Castro, G. E. M. 1981. Importancia que ejercen algunos factores ambientales y el efecto del semental sobre el tamaño y peso de la camada al nacimiento y al destete en el cerdo pelón mexicano. Tesis de licenciatura. FMVZ-UNAM. México, D. F.
- Channing, C. P., V. Tsai, and D. Sachs. 1976. Role of insulin, thyroxin and cortisol in luteinization of porcine granulosa cells grown in chemically defined media. *Biol. Reprod.* 15:235.
- Coffey, M. T., R. W. Seerley, R. J. Martinardand, and J. W. Mabry. 1982. Effect of level source and duration of feeding supplemental energy in sow diets on metabolic and hormonal traits related to energy utilization in the baby pig. *J. Anim. Sci.* 55:329.
- Cole, D.J.A., M.A. Varley, and P.E. Hughes. 1975. Studies in sow reproduction. 2. The effect of lactation length on the subsequent reproductive performance of the sow. *Anim. Prod.* 20:401.
- Copado, F. B. 1994. La cerda y el semental. Su manejo reproductivo. Apuntes del curso sistemas de producción porcina. Ed. UACH. Chapingo, Méx. Pp 43.
- Cortés, R. C. A. y A. A. Cadena. 1986. Evaluación de la eficiencia reproductiva de cerdas híbridas en las razas: York-Duroc, York-Landrace, York-Hampshire. (Segundo parto). Tesis de licenciatura. UACH. Depto. de Zootecnia. Chapingo, Méx.
- Cox, N. M., M. J. Stuart, T. G. Althen, W. A. Bennett, and H.W. 1987. Enhancement of ovulation rate in gilts by increasing dietary energy and administering insulin during follicular growth. *J. Anim. Sci.* 64:507.
- Cox, N. M., M. N. Quirk, A. B. Moore, and J. L. Ramirez. 1995. Influences of parity and level of feed intake of reproductive responses to insulin administered to sows after weaning. *J. Anim. Sci.* 73 (Suppl.1):218.
- Curry, L. D. and S. A. MacLachlan. 1987. Synthesis-secretion coupling of insulin: Effect of aging. *Endocrinology* 121:241.
- De Alba, J. 1970. Reproducción y genética animal. SIC., I. I. C. A. 1era. Edición. México. Pp 446.
- De Luna, M. C. H. 1976. Efecto ambiental y genotípico en las características de las camadas al destete de cerdas Yorkshire, Landrace y sus cruzas. Tesis de licenciatura. UACH. Depto. de Zootecnia. Chapingo, Méx.
- Dyck, G. W. 1971. Ovulation rate and weight of the reproductive organs of Yorkshire and Lacombe swine. *Can. J. Anim. Sci.* 51:141.
- Dyck, G. W., W. M. Palmer, and S. Simaraks. 1980. Progesterone and luteinizing hormone concentration in serum of pregnant gilts on different levels of feed consumption. *Can. J. Anim. Sci.* 60:877.
- Else, F. W. H., E. V. J. Bathurst, A. G. Bracewell, J. M. M. Cuningham, J. B. Dent, T. L. Dodsworth, R. M. MacPherson, and N. Walker. 1971. The effect of pattern of feed in pregnancy upon sow productivity. *Anim. Prod.* 13:257.
- English y Smith. 1985. La cerda: como mejorar su productividad. Ed. El Manual Moderno S.A. de C.V. México, D. F. Pp 356.
- Ermer, P. M., S. L. Tilton, Ph. S. Miller, A. J. Lewis, and C. K. Wolverton. 1995. Addition of fat to diets of lactating sows. II. Effects on energy intake, meal patterns and blood hormones and metabolites. *Nebraska Swine Report.* Pp36.

- Ermer, P. M., S. L. Tilton, Ph. S. Miller, A. J. Lewis, and C. K. Wolverson. 1996. The effect of tallow addition to the diets of lactating sows on hormone and metabolite concentrations. *Nebraska Swine Report*. Pp 32.
- Fahmy, M. F., and C. Bernard. 1971. Causes of mortality in Yorkshire pigs from the birth to 20 weeks of age. *Can. J. Anim. Sci.* 51:351.
- Flores, M. 1987. *Ganado porcino*. 4ta. edición. Ed. Limusa. México, D. F.
- Flores, N. M. 1994. Estimación de parámetros genéticos de cruzamientos en cerdos Landrace-Yorkshire para caracteres predestete. Tesis de licenciatura. UACH. Depto. de Zootecnia. Chapingo, Méx.
- Frobish, L. T., N. C. Steele, and R. J. Davey. 1973. Long term effect of energy intake on reproductive performance of swine. *J. Anim. Sci.* 36(2):293.
- Grandhi, R. R. 1992. Effect of feeding supplemental fat or lysine during the postweaning period on the reproductive performance of sows with low or high lactation body weight and fat losses. *Can. J. Anim. Sci.* 72:679.
- Goldobin, M. I. 1980. The effect of hyperinsulinism on milk secretion and composition in sows. *J. Anim. Sci. (Suppl.1)* 51:
- González, V. H. U. 1987. Comparación del índice de fertilidad y de la habilidad materna en cerdas de diferentes grupos genéticos. Tesis de licenciatura. FMVZ - UNAM. México, D. F.
- Hafez, E.S.E. 1989. Porcinos. Cap. 15. In: *Reproducción e inseminación artificial en animales*. 5a. edición. Ed. McGraw-Hill. México. Pp 360, 361, 365 y 367.
- Hughes, P. E. and M. A. Varley. 1984. Gestation: Estadios del parto. Cap.7. In: *Reproducción del cerdo*. Ed. Acribia. España. Pp 111.
- Hunter, R. H. F. 1982. Endocrinología de los ciclos éstricos: cerda. Cap.I. In: *Fisiología y tecnología de la hembra de los animales domésticos*. Ed. Acribia. España. Pp 25.
- Jackson, J.R., W.L. Hurley, R.A. Easter, A.H. Jensen, and J. Odle. 1995. Effects of induced or delayed parturition and supplemental dietary fat on colostrum and milk composition in sows. *J. Anim. Sci.* 73:1906.
- Johnson, R. K., and I. T. Omtvedt. 1973. Evaluation of pure-breds and two-bred crosses in swine reproductive performance. *J. Anim. Sci.* 37:1279.
- Johnston, L. L., D. E. Orr, Jr., L. F. Tribble, and J. R. Clark. 1986. Effect of lactation and rebreeding phase energy intake on primiparous and multiparous sow performance. *J. Anim. Sci.* 63:804.
- Kirkwood, R. N., E. S. Lythgoe, and F. X. Aherne. 1987. Effect of lactation feed intake and gonadotrophin-releasing hormone on the reproductive performance of sows. *Can. J. Anim. Sci.* 67:715.
- Kirkwood, R. N., S. K. Baidoo, and F. X. Aherne. 1990. The influence of feeding level during lactation and gestation on the endocrine status and reproductive performance of second parity sows. *Can. J. Anim. Sci.* 70:1119.
- King, R. H., J. E. Pettigrew, J. P. McNamara, J. P. McMurtry, T. L. Henderson, M. R. Hathaway, and A. F. Sower. 1996. The effect of exogenous prolactin on lactation performance of first-litter sows given protein-deficient diets during the first pregnancy. *Anim. Reprod. Sci.* 41:37.

- Koketsu, Y., G. D. Dial, J. E. Pettigrew, E. M. William, and V. L., King. 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.
- Kuhlers, D. L., S. B. Jungst, and A. J. Little. 1988. Comparison of specific crosses from Yorkshire-Landrace, Chester White-Landrace and Chester White-Yorkshire sows. *J. Anim. Sci.* 66:1132.
- Landeheim, R. G., M. Tesone, and E. H. Charreau. 1984. Insulin action and characterization of insulin receptors in rat luteal cells. *Endocrinology* 115:752.
- Liu F. T. Y., H. S. Liu, and D. C. Johnson. 1972. Serum FSH, LH and the ovarian response to exogenous gonadotropins in alloxan diabetic immature female rats. *Endocrinology* 91:1172.
- Matamoros, I. A., N. C. Cox and, A. B. Moore. 1990. Exogenous insulin and additional energy affect follicular distribution, follicular steroid concentrations, and granulosa cell Human Chorionic Gonadotropin binding in swine. *Biol. Reprod.* 43:1.
- Mavogenis, A. P., and O. W. Robinson. 1976. Factors affecting puberty in swine. *J. Anim. Sci.* 42:1251.
- May, J. V., and D. W. Schomberg. 1981. Granulosa cell differentiation *in vitro*: effects of insulin on growth and functional integrity. *Biol. Reprod.* 25:421.
- Meade, M. G., J. C. Flores y M. E. O. Trujillo. 1988. Productividad predestete de lechones provenientes de cruzamientos entre cerdos híbridos de las razas Duroc, Hampshire, Yorkshire y Landrace. *Vet. Méx.* 19:301.
- Miller, Ph. S., A. J. Lewis, and C. K. Wolverton. 1995. Are there benefits in adding fat to sow lactation diets? *Nebraska Swine Report* Pp 40.
- Moser, B. D., and A. J. Lewis. 1980. Adding fat to sow diets. *Feedstuffs* 52:36.
- NRA. 1995. National Renderers Association, Inc. "Productos derivados de animal para porcinos". E.U.A.
- NRC. 1988. Nutrient Requeriments of Swine. National Academy Press. Washington, D.C.
- Otani, T., T. Maruo, N. Yukimura, and M. Mochizuki. 1985. Effect of insuline on porcine granulosa cells: implications of a possible receptor mediated action. *Acta Endocr. Copenh.* 108:104.
- Pettigrew, J. E. 1981. Supplemental dietary fat for peripartal sows: A review. *J. Anim. Sci.* 53:107.
- Pettigrew, J. E., and M. D. Tokach. 1991. Nutrition and female reproduction. *Pigs News and Information* 12(4):559.
- Pettigrew, J. E., and R. L. Moser. 1991. Fat in swine nutrition. In: *Swine Nutrition*. Ed. Miller E. R., D. E. Ullrey, and A. J. Lewis. Stoneham, Butterworths. U.S.A
- Pinheiro, M. L. C. 1973. Los cerdos. 1ra. edición. Ed. Hemisferio sur. Argentina. Pp 68.
- Polanco, A. J. 1980. La camada de la cerda. *A. L. P. A. Mem.* 15:65.
- Pope, W. F., S. Xie, D. M. Broermann, and K. P. Nephew. 1990. Cause and consequences of early embrionic diversity in pigs. *J. Reprod. Fertil. (Suppl.)*40:251.
- Rahnefeld G. W., and E. E. Swierstra. 1970. Influence of the sire on litter size in swine. *Can. J. Anim. Sci.* 50:671.
- Ramírez, R. N. y M. L. S. Alonso. 1987. Indicadores relevantes para la producción porcina. *Reproducción/Volumen I. FMVZ-UNAM. México.* Pp 515.

- Reese, D. E., B. D. Moser, E. R. Peo, Jr., A. J. Lewis, D. R. Zimmerman, J. E. Kinder, and W. W. Stroup. 1982. Influence of energy intake during lactation on subsequent gestation, lactation and postweaning performance of sows. *J. Anim. Sci.* 55:867.
- Rico, C. 1981. Factores genéticos y ambientales que influyen en el comportamiento reproductivo de la raza Duroc en Cuba. I. Influencia en el tamaño, peso de la camada y peso promedio. *Rev. Cubana Ciencia Agrícola.* 15:165.
- Ríos, R. J. y V. P. Ticante. 1993. Análisis genético-ambiental de las características de la camada en cerdos. Tesis de licenciatura. UACH. Depto. de Zootecnia. Chapingo, Méx.
- Robinson, R. D. V., and B. D. H. Niekerk Van. 1978. Effect of ambient temperature on farrowing rates in pigs. *South African J. Anim. Sci.* 8:105.
- Rojkittikhun T., S. Einarsson, L. -E. Edqvist, K. Uvnäs-Moberg, and N. Lundeheim. 1992. Relationship between lactation-associated body weight loss, levels of metabolic and reproductive hormones and weaning-to-oestrus interval in primiparous sows. *J. Vet. Med. A.* 39:426.
- Rojkittikhun T., S. Einarsson, K. Uvnäs-Moberg, and L. -E. Edqvist. 1993. Body weight loss during lactation in relation energy and protein metabolism in standard-fed primiparous sows. *J. Vet. Med. A.* 40:249.
- Saltiel, A. 1986. Actividad reproductiva de la hembra I. ap. 5. In: Reproducción de animales domésticos. Ed. Limusa. México. Pp 68.
- Scarborough, C.C. 1971. Cría del ganado porcino. Ed. Limusa. México.
- Sen, K. K., S. Azhar, and K. M. J. Menon. 1979. Evidence for the involvement of an energy-dependent process in gonadotropin-releasing hormone-stimulated luteinizing hormone release by rat anterior pituitary. *Endocrinology* 105:1158.
- Seerley, R. W. 1989. Survival and postweaning performance of pigs from sows fed fat during late gestation and lactation. *J. Anim. Sci.* 67:1889.
- Serrato, J. A. P. 1992. Efecto del nivel de energía sobre el comportamiento reproductivo de cerdas gestantes. Tesis de licenciatura. UACH. Depto. de Zootecnia. Chapingo, Méx.
- Shaw, G. A., B. E. McDonald, and R. D. Baker. 1971. Fetal mortality in the prepuberal gilt. *Can. J. Anim. Sci.* 51:233.
- Shearer, I. J., K. Purvis, G. Jenkin, and N. B. Haynes. 1972. Peripheral plasma progesterone and oestradiol-17 β levels before and after puberty in gilts. *J. Reprod. Fertil.* 30:347.
- Signoret, J. P., F. duMesnitu Buisson, and P. Mauleon. 1972. Effect of mating on the onset and duration of ovulation in the sow. *J. Reprod. Fertil.* 31:327.
- Smith, C. A., G. W. Almond, and G. D. Dial. 1992. Changes in luteinizing hormone concentrations after abortion, parturition, and weaning in primiparous sows. *Anim. Reprod. Sci.* 27:169.
- Stahly, T. S., G. L. Cromwell, and W. S., Simpson. 1981. Effects of level and source of supplemental fat in the lactation diet of sows on the performance of pigs from birth to market weight. *J. Anim. Sci.* 51:352.
- Stevenson, J. S., N. M. Cox, and J. H. Britt. 1981. Role of the ovary in controlling luteinizing hormone, follicle stimulating hormone and prolactin secretion during and after lactation in pigs. *Biol. Reprod.* 24:341.
- Strang, G. S. 1970. Litter productivity in Large White pigs. I. The relative importance of some sources of variation. *Anim. Prod.* 12:225.

- Taugbol, O., T. Framstad, and K. Saarem. 1993. Supplements of cod liver oil to lactating sows. Influence on milk fatty acid composition and growth performance of piglets. *J. Vet. Med. A* 40:437.
- Tilton, S. L., P. M. Ermer, A. J. Lewis, P. S. Miller, and C. K. Wolverson. 1995. Addition of fat to diets of lactating sows. I. Effects on sow and pig performance. *Nebraska Swine Report*. Pp 34.
- Tilton, S. L., A. J. Lewis, P. S. Miller, and P. M. Ermer. 1997. Addition of fat to diets of lactating sows: I. Effects on lactation performance and pig composition. *Nebraska Swine Report*. Pp 26.
- Tokach, M.D., J.E. Pettigrew, G. D. Dial, J.E. Wheaton, B.A. Crooker, and L.J. Johnston. 1991. Characterization of LH secretion in lactating primiparous sows: relation to return-to-estrous interval and blood metabolites. *J. Anim. Sci.* 69(Suppl.1):367.
- Tokach, M. D., J. E. Pettigrew, G. D. Dial, J. E. Weaton, B. A. Crooker, and L. J. Johnston. 1992. Characterization of luteinizing hormone secretion in the primiparous, lactating sow: relationship to blood metabolites and return-to-estrus interval. *J. Anim. Sci.* 70:2195.
- Tokach, M. D. 1994. *Nuestro acontecer porcino*. Vol. II. No. 9.
- Valencia, J. J. M. 1991. Gestación. In: *Fisiología de la reproducción porcina*. Ed. Trillas. México. Pp 57.
- Van de Wiel, D. F. M., J. Erkens, W. Koops, E. Vos, and A. A. J. Van Landeghem. 1981. Peri-estrous and midluteal time courses of circulating LH, FSH, prolactin, estradiol-17 β and progesterone in the domestic pig. *Biol. Reprod.* 24:223.
- Varley M. A., and D. J. A. Cole. 1978. Studies in sow reproduction. The effect of lactation length on pre-implantation losses. *Anim. Prod.* 27:207-214.
- Varley M. A., T. Atkinson, and L. N. Ross. 1981. The effect of lactation length on the circulating concentrations of progesterone and oestradiol in the early weaned sow. *Theriogenology* 16:179.
- Varley M. A., R. E. Peaker, and T. Atkinson. 1984. Effect of the sow on plasma progesterone, oestradiol 17-b and embryonic survival. *Anim. Prod.* 38:113.
- Veldhuis, J. D., J. E. Nestler, J. F. Strauss, J. T. Gwyne, P. Azimi, J. Garmey, and D. Juchter. 1986. Insulin regulates low density lipoprotein metabolism by swine granulosa cells. *Endocrinology* 118:2242.
- Veldhuis, J. D., J. E. Nestler, J. F. Strauss, III P. Azimi, J. Garmey, and D. Jutcher. 1987. The insulin-like growth factor, somatomedin-C, modulates low density lipoprotein metabolism by swine granulosa cells. *Endocrinology* 121:340.
- Weldon, W. C., A. J. Thulin, O. A. MacDougald, L. J. Johnston, E. R. Miller, and H. A. Tucker. 1991. Effects of increased dietary energy and protein during late gestation on mammary development in gilts. *J. Anim. Sci.* 69:194.
- Weldon, W. C., A. J. Lewis, G. F. Louis, J. L. Kovar, and P. S. Miller. 1994. Postpartum hypophagia in primiparous sows: II. Effects of feeding level during gestation and exogenous insulin on lactation feed intake, glucose tolerance, and ephinephrine-stimulated release of nonesterified fatty acids and glucose. *J. Anim. Sci.* 72:395.
- Wilson, R. F., and J. E. Pettigrew. 1984. Supplemental fats and energy density in pig diets. In: *Fats in animal nutrition*. Ed. Butterworths. 1era. ed. England. Pp 353.

Yen, J. T., G. L. Cromwell, G. L. Allee, C. C. Calvert, T. D. Crenshaw, and E. R. Miller.
1991. Value of raw soybeans and soybean oil supplementation in sow gestation and
lactation diets: a cooperative study. *J. Anim. Sci.* 69:656.

VIII. APÉNDICE

TÉCNICA PARA MEDIR LAS CONCENTRACIONES DE INSULINA PLASMÁTICA POR RADIOINMUNOANÁLISIS (TUBOS RECUBIERTOS DE CIS BIO INTERNATIONAL)

Insulin-CT es un kit de radioinmunoensayo para la determinación cuantitativa de insulina en suero y plasma humano.

PRINCIPIO

Esta prueba se basa en la competitividad entre la insulina marcada y la insulina contenida en la muestra problema por un número fijo y limitado de sitios de unión a un anticuerpo en fase sólida (contenido en los tubos). Después de la incubación, el marcador no unido es fácilmente removido al enjuagar. La cantidad de insulina unida al anticuerpo, es inversamente proporcional a la cantidad de insulina no marcada presente en la muestra problema.

PROCEDIMIENTO

- 1.- Colocar 100 µl de los estándares, controles y muestras problema, en los tubos recubiertos.
- 2.- Adicionar 1 ml de Insulin-¹²⁵ diluída previamente en agua destilada y solución buffer, a cada tubo.
- 3.- Mezclar suavemente cada tubo con un mezclador tipo Vortex.
- 4.- Incubar de 18-25 °C durante 18-20 h, cubriendo los tubos con parafilm.
- 5.- Decantar el líquido de cada tubo.
- 6.- Enjuagar cada tubo con 4 ml de agua destilada.
- 7.- Decantar el líquido de cada tubo.
- 8.- Medir la radioactividad unida a los tubos con un contador gamma calibrado para Y¹²⁵.

ESPECIFICIDAD

El antisuero utilizado presenta la siguiente reacción cruzada:

Componente	Reacción cruzada (%)
Insulina humana	100
Insulina porcina	119
Insulina bovina	122
Insulina de rata	89.5
Insulina canina	>90
Proinsulina porcina	14.1
Péptido-C	0.1
Glucagon	0.1

SENSIBILIDAD

El límite de detección se define como la concentración más pequeña, diferente de cero, con una probabilidad del 95%.

En las Figuras 9 y 10, se muestran las concentraciones de insulina de cerdas primerizas y múltiparas durante los dos experimentos, que fueron consideradas como representativas, en el extremo izquierdo (inferior y superior), se tienen a las primerizas, y del lado derecho (inferior y superior), a las múltiparas.

En la Figura 9 (cerdas experimentales), las múltiparas presentan concentraciones que no varían tanto como en las primerizas, refiriéndose a las concentraciones inmediatamente después del parto y a los 14 d de lactancia, lo cual pudiera explicarse, por una mayor pérdida de peso de las primerizas durante este período.

En la figura 10 (cerdas testigo), se observó que las concentraciones, tanto de primerizas como de múltiparas, siguen un mismo patrón, difiriendo muy poco entre ellas.

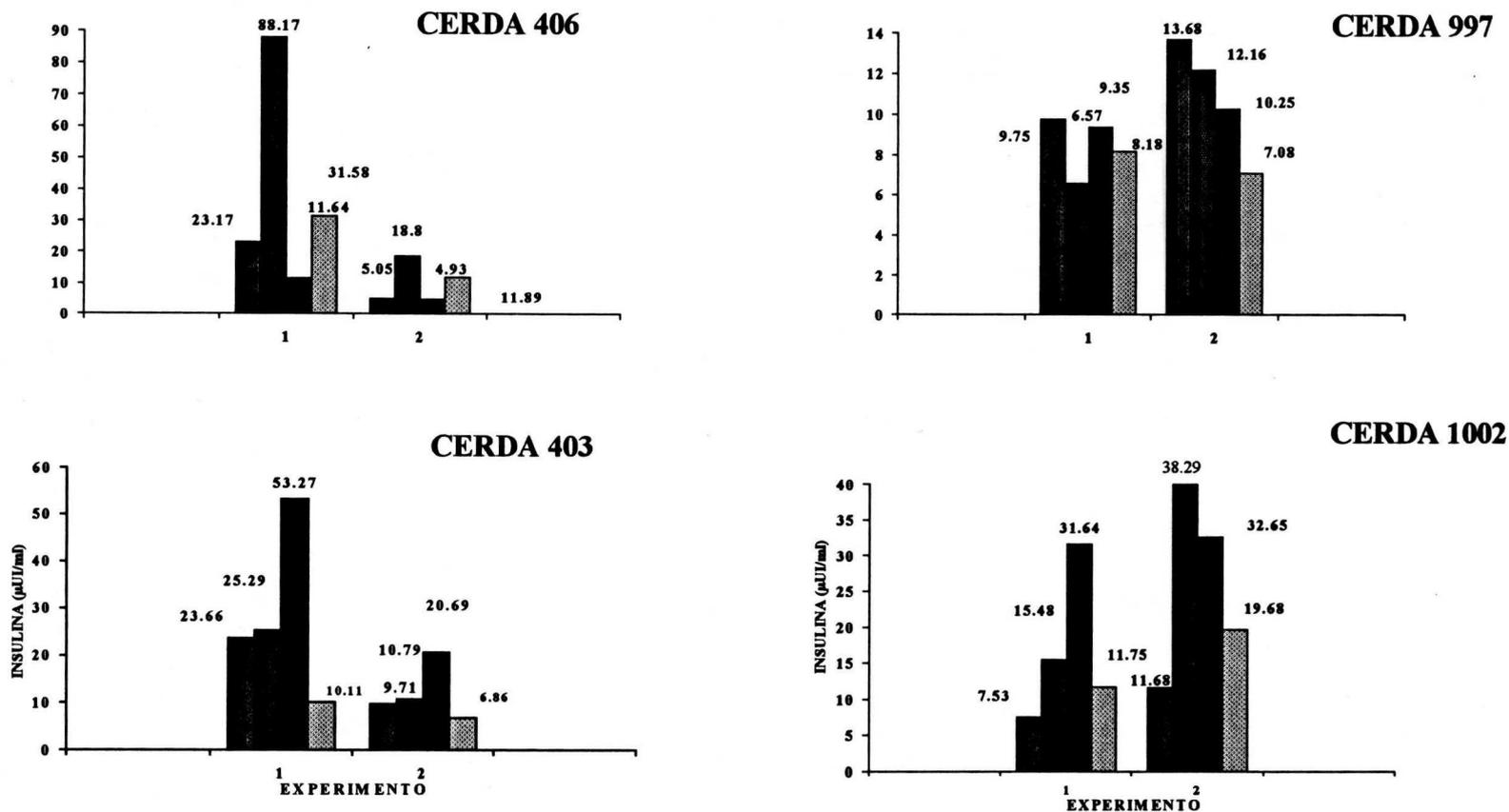
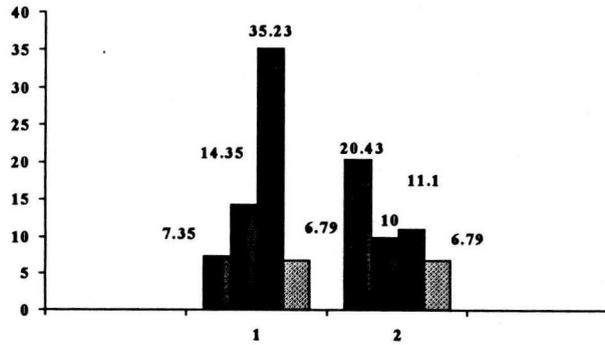
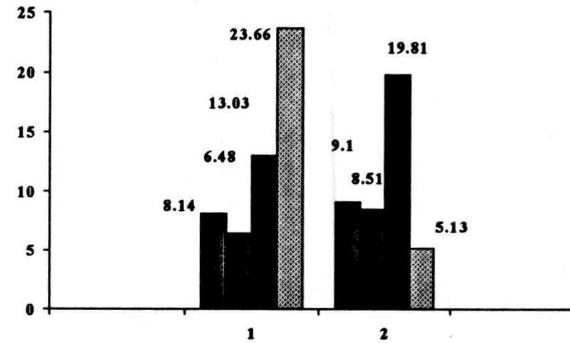


Figura 9. Concentraciones plasmáticas de insulina ($\mu\text{UI}/\text{ml}$) en el d 109 de gestación, inmediatamente después del parto, d 14 de lactancia y al destete en cerdas primerizas y multíparas alimentadas con una dieta a base de maíz-sorgo adicionada con el 10% de los requerimientos de EM/d en forma de grasa de pollo.

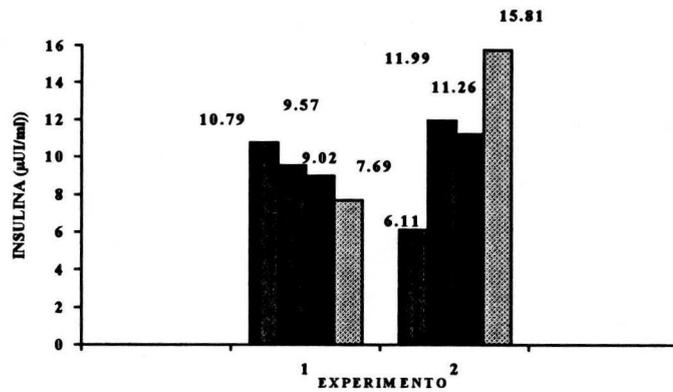
CERDA 401



CERDA 983



CERDA 407



CERDA 996

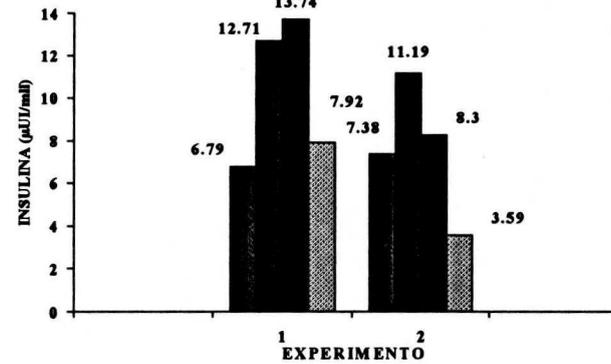


Figura 10. Concentraciones plasmáticas de insulina (μUI/ml) durante el d 109 de gestación, después del parto, d 14 de lactancia y al destete en cerdas primerizas y multíparas alimentadas con una dieta a base de maíz-sorgo.

