

11663



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

2j

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN



"EFECTO DE LA FUENTE ENERGETICA DE LA DIETA Y EL MANEJO DE LA LACTACION EN CERDAS SOBRE EL INICIO DE LA ACTIVIDAD OVARICA Y LA PROLIFICIDAD".

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN REPRODUCCION ANIMAL
(OVINOS Y CAPRINOS)
PRESENTADA POR:
EL M.V.Z. RAFAEL OLEA PEREZ

ASESORES:

DR. JOSE ANTONIO CUARON IBARGÜENGOYTIA
DR. FELIPE DE JESUS RUIZ LOPEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, ESTADO DE MEXICO.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1997



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIA

A MI ESPOSA

Cuando pienso en el infinito de posibilidades que le falta al hombre por explorar con cosas formadas al coincidir tiempos y espacios, recuerdo que coincidir fue lo único necesario para descubrir que juntos exploraremos mejor nuestras posibilidades.

AGRADECIMIENTOS

A LOS COMPAÑEROS DE TRABAJO

Como supongo en la mayoría de los trabajos hay una parte de compañeros que ponen su esfuerzo diario y de forma incondicional para que las cosas salgan bien, durante la realización de este trabajo hubo muchas personas que así lo hicieron en especial agradezco todo su apoyo a Yolanda Casas, José González, Crisanto Ibarra y los dos Angeles Ferruzca.

A MIS PROFESORES Y ASESORES

Por todo el apoyo y ayuda brindada para poder concluir este manuscrito. Cuya participación en la revisión y sugerencias fue incondicional.

A EL SR. RAUL TROYO y AL PAIEPEME.

A pesar de todo el esfuerzo y apoyo que recibí, pude finalmente concluir esta investigación gracias a la confianza y ayuda financiera, que me proporcionó el PAIEPEME y cuando más lo necesite por escasear los recursos la donación para este proyecto del Sr. Raul Troyo permitió que continuara.

A EUGENIO VILLAGOMEZ

Por todo su tiempo y esfuerzo durante la realización de las pruebas de laboratorio, además de ser un excelente amigo.

Cuadro de contenido

1. Lista de Cuadros	1
1.1. Lista de Gráficas	1
2. Introducción	2
3. Revisión de Literatura	4
3.1. Endocrinología de la Cerda durante Lactación	4
3.2. Inducción del Estro Durante Lactación	7
4. Hipótesis	15
5. Objetivos	15
6. Material y Métodos	16
6.1 Procedimiento Experimental	16
6.2. Experimento 1	19
6.3. Experimento 2	24
7. Resultados	27
7.1. Pérdida de Peso de la Cerda	27
7.2. Consumo diario de Energía Metabolizable	27
7.3. Reanudación de la Actividad Estral	29
7.4. Prolificidad a la Siguiente Parición	32
7.5. Área bajo la Curva de Insulina	32
8. Discusión	43
8.1. Pérdida de peso corporal	43
8.2. Consumo de Energía Metabolizable	44
8.3. Reanudación de la Actividad Estral	46
8.4. Intervalo del Destete al Estro	48
8.5. Duración del Estro	49
8.6. Prolificidad de la Cerda a la Siguiente Parición	50
8.7. Área bajo la Curva de Insulina	54
9. Conclusiones	58
10. Bibliografía Consultada	59

Lista de Cuadros

1. Composición de las dietas experimentales	18
2. Efecto del tipo de alimento, el tipo de amamantamiento y del número de parto sobre la pérdida de peso de las cerdas	28
3. Efecto del tipo de alimento, el tipo de amamantamiento y del número de parto sobre el consumo de energía metabolizable en las cerdas.....	30
4. Efecto del tipo de alimento, el tipo de amamantamiento y del número de parto sobre la reanudación de la actividad estrol en las cerdas	33
5. Efecto del tipo de alimento, el tipo de amamantamiento y del número de parto sobre la tasa de concepción y parición de las cerdas.....	34
6. Efecto del tipo de alimento y del número de parto sobre la presentación de estros antes y después del destete con amamantamiento restringido de la camada.....	36
7. Efecto del tipo de alimento, el tipo de amamantamiento y del número de parto sobre el número de lechones a la siguiente parición en las cerdas.....	37
8. Efecto del tipo de alimento, el tipo de amamantamiento y del día de tratamiento sobre el área bajo la curva de Insulina en las cerdas.....	40

Lista de Gráficas

1. Interacción entre el tipo de amamantamiento y el número de parto sobre el consumo de energía metabolizable	31
2. Interacción entre la dieta o el amamantamiento con el número de parto durante el periodo de experimentación sobre el intervalo del día 22 de lactación al estro en las cerdas.....	35
3. Interacción entre el tipo de alimento y el de amamantamiento sobre el número de lechones paridos por las cerdas después del tratamiento	38
4. Área bajo la curva de Insulina plasmática: Interacción del tipo de alimento con el tipo de amamantamiento en las cerdas	41
5. Interacción de la dieta con dos tipos de amamantamiento sobre el área bajo la curva de Insulina en diferentes días de tratamiento	42

1. Resumen

Olea Pérez Rafael. 1996. Efecto de la Fuente Energética de la Dieta y el Manejo de la Lactación en Cerdas sobre el inicio de la Actividad Ovárica y la Prolificidad. Asesorar: Césarón IbarraGóngora José Antonio y Ruiz López Felipe de Jesús. Tesis, Mc. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM.

Para determinar el efecto de la inclusión de melaza en la dieta y su interacción con restringir el amamantamiento en la lactación sobre la reanudación de la actividad estral y la prolificidad de las cerdas paridas, se hicieron dos experimentos. En el primero se usó un diseño completamente al azar en un arreglo factorial $2 \times 2 \times 2$. Con amamantamiento (ama), control o base de sorgo-avea (sorgo) o con un 35% de melaza como ingrediente fijo (melaza) y número de parto (parto), primíparas (P) o multiparas (M). Los tratamientos se asignaron al azar dentro de raza a 87 cerdas de las razas Landrace, Yorkshire e híbridas Landrace-Yorkshire, a partir del día 22 de la lactación y comenzaron al recibir la última manta. El alimento se proporcionó *ad libitum* durante toda la lactación y se restringió a partir del destete. Las dietas estaban balanceadas por proteína y energía metabolizable (EM) de acuerdo a las necesidades de las cerdas en lactación y ajustada la dieta melaza para el aumento de consumo esperado por efecto de los ingredientes. El estro se estimuló con un verraco a partir de la asignación de los tratamientos para ama-res y a partir del destete para ama-lib por 30 minutos dos veces al día. Los servicios se dieron cada 12 horas con 3 montas naturales de diferentes momentos. El destete se realizó una vez terminado su servicio o al día 30 de lactación lo que sucedió primero. En la siguiente parición se evaluó el número de lechonas por camada. El efecto de la raza fue inicialmente analizado, sin embargo no hubo diferencias y no se incluyó en el análisis de las demás variables. El consumo de EM fue menor para las cerdas del tratamiento melaza que para las de sorgo ($P < .05$) y se observó la interacción de ama con parto ($P < .05$), donde las cerdas primíparas de ama-res tuvieron los menores consumos de EM. Para la reanudación de la actividad estral, el intervalo de tratamiento a estro fue el único con interacción del parto con los otros dos factores ($P < .05$), donde las cerdas multiparas de sorgo o de ama-res tuvieron el menor intervalo de tratamiento a estro. El intervalo de destete a estro y la duración del estro se afectó solo por ama ($P < .01$ y $P < .05$, respectivamente) y por parto ($P < .05$ y $P < .10$), donde las cerdas de ama-res iniciaron antes el estro y tuvieron un estro de menor duración que las de ama-lib y las cerdas multiparas tuvieron un intervalo menor de destete a estro pero duró más el estro. No fue diferente la tasa de concepción o de parición, pero para las cerdas de ama-res hubo más cerdas multiparas que primíparas en estro antes del destete ($P < .05$). Finalmente para el número de lechonas por camada a la siguiente parición hubo una interacción de dieta con ama, donde se incrementó el número de lechonas nacidos totales y vivos de las cerdas ama-res cuando se usó la dieta melaza y no fue diferente de ama-lib y dieta sorgo. En el segundo experimento se usó diseño totalmente al azar con un arreglo de parcelas divididas, donde a 20 cerdas Landrace multiparas se les aplicó el mismo manejo lactacional que para el experimento uno pero se obtuvieron muestras plasmáticas cada 15 min por 12h continuas los días 3 y 7 del tratamiento para la determinación de insulina, donde melaza evitó la disminución de insulina por efecto de ama-res y a pesar de que no hubo diferencias por día de muestreo los datos sugieren que la interacción melaza con ama-res podría evitar la disminución de insulina entre el día 3 y 7 que presentan los demás tratamientos. El incremento del número de lechonas por la interacción de melaza con ama-res no puede ser explicado por las demás variables evaluadas en el primer experimento, sin embargo los resultados del experimento dos sugieren un efecto favorable de la interacción melaza con ama-res sobre la concentración de insulina en el momento esperado de desarrollo folicular inducido durante lactación.

2. Introducción

El potencial reproductivo del ganado porcino es uno de los aspectos que desde el punto de vista genético ha cobrado recientemente gran importancia, así, se busca obtener las hibridaciones con aquellas razas de mayor habilidad materna, o incluso incorporar genes de razas hiperprolíficas para incrementar el número de lechones en la camada (Webb, 1992). Sin embargo, opuesto a los cambios genéticos que están impactando globalmente a la producción porcina, la investigación en la fisiología de la reproducción en cerdos ha sido una área donde no había mucho interés, pero recientemente los investigadores están recalando la importancia de dirigir los esfuerzos para aprovechar el potencial ya existente en el ganado porcino y conseguir camadas más numerosas (Mateos y García, 1995).

No es fácil conseguir grandes avances para mejorar la prolificidad de la cerda, pero si es un punto medular para la rentabilidad de esta industria . Britt (1986) menciona que un aumento en el número de lechones nacidos vivos de 8 a 12 por camada y una reducción de 14 días en la duración de la lactancia, aumenta un 40 y 8% respectivamente la productividad anual de la cerda. Para conseguir los cambios antes citados, intervienen factores tanto reproductivos como nutricionales que interactúan y tienen un mayor impacto durante los periodos de más exigencia para el metabolismo de la madre, que es la lactación y el reinicio de la actividad estral (Reese et al., 1982, 1984; Armstrong et al., 1988b). El amamantamiento de camadas numerosas incrementa la demanda de nutrimentos, superando en muchas ocasiones la capacidad digestiva de la cerda para cubrir las necesidades de mantenimiento y producción, lo que da lugar a la pérdida de la condición corporal (Buttle, 1991) y afecta el tiempo de reinicio de la ciclicidad estral (King y Williams, 1984a,b), el número de ovulaciones, o bien el índice de implantación y sobrevivencia embrionaria, factores que determinan la productividad anual de la cerda.

Por otro lado, el sector agropecuario en nuestro país se enfrenta a condiciones inestables para el uso y adquisición de materia prima y la comercialización del producto (Celaya del Toro, 1995), esto obligará al sector porcino a plantearse alternativas en la alimentación y manejo de las piaras.

El uso de grasa y subproductos de la industria azucarera, como la melaza, para la alimentación de las cerdas durante el amamantamiento ha sido usado con éxito para substituir al sorgo como principal componente de la ración (Barrios et al., 1990; Oliva, 1990; Beltrán et al., 1992), además que mediante el uso de melaza en la ración de cerdas nulíparas se incrementa tanto el número de ovulaciones , como el de lechones en la camada a la primera parición (Rodríguez-Márquez y Cuarón, 1990).

La inclusión de más del 40% de melaza en la ración de cerdas adultas presenta algunos problemas, principalmente para el manejo y la incorporación al momento del mezclado del alimento (Figuroa y Ly, 1990; Cuarón, 1992); pero en cambio existe buena disponibilidad en el mercado nacional, y mejora la palatabilidad, lo que en muchos casos justifica su uso.

No es claro aún el efecto de la melaza sobre el incremento en el número de ovulaciones en cerdas nulíparas, y cuando se ha proporcionado en la ración de cerdas en lactación o durante el periodo destete-estro han sido inconstantes los cambios en el comportamiento reproductivo (Oliva, 1990; Rodríguez-Márquez y Cuarón, 1990). Sin embargo, los resultados de algunas investigaciones sugieren que se puede estar presentando un aumento en la concentración de insulina plasmática en cerdas nulíparas alimentadas con raciones isoenergéticas que contienen altos porcentajes de melaza y son proporcionadas durante la segunda mitad del diestro, todo el proestro y estro (Rodríguez, 1990). La insulina participa activamente en la selección y crecimiento folicular, su efecto es facilitado por la acción de hormonas como la del crecimiento y los factores de crecimiento similares a la insulina tipo I, que en conjunto determinan la formación de sitios específicos de unión en la superficie de las células de la granulosa de los folículos ováricos, para las hormonas foliculo estimulante y luteinizante que regulan el número de ovulaciones (Baranao y Hammond, 1984; Hammond et al., 1985; Otani et al., 1985; Maruo, 1988; Engelhardt et al., 1991).

Para aclarar el efecto de la melaza sobre el número de ovulaciones, se ha adicionado ésta en la alimentación de las cerdas en diferentes tiempos de las etapas productivas. La melaza se ha incluido en la ración proporcionada en el periodo postdestete, al inicio de la actividad estral (Rodríguez, 1990), o bien se ha buscado iniciar el mismo efecto proporcionándola en la ración desde el inicio de la lactancia (Oliva, 1990). Sin embargo, no se ha encontrado una respuesta reproductiva positiva consistente, como sucede en las cerdas nulíparas en donde se incrementa el número de ovulaciones.

Esto permite suponer que ante condiciones metabólicas diferentes como lo es el destete de la camada, las cerdas no responden al efecto de la melaza. Después de la segunda semana posparto, la lactación es un periodo metabólico más estable que el que existe después del destete, además a partir del día 20 de lactancia la separación de la camada por periodos diarios mayores de 6 horas, permite que se rompa el bloqueo lactacional para la ovulación y se reanude la actividad estral aun cuando continúe la lactancia, sin que este manejo altere el número de lechones en la camada a la siguiente parición (Aumaitre y Dagorn, 1982; Stevenson y Davis, 1984; Neves et al., 1989).

Por lo tanto, el amamantamiento restringido de la camada es una alternativa de manejo que permite el reinicio de la actividad estral durante la lactación, sin embargo, aun no se ha evaluado en forma simultanea con el uso de melaza.

En este trabajo se evalúa el efecto del uso del amamantamiento restringido y el consumo de melaza sobre el número de ovulaciones y los cambios en la concentración de insulina inducidos durante la lactación.

3. Revisión de Literatura

La presente revisión de literatura tiene el objetivo de presentar y discutir los conocimientos más recientes sobre el uso de la melaza como fuente alterna de energía dietaria y su efecto sobre el comportamiento reproductivo en cerdas, así como los cambios producidos por la inclusión de melaza en la dieta sobre la concentración de metabolitos sanguíneos y su posible efecto en la fisiología y respuesta reproductiva.

Se analizarán las condiciones fisiológicas y endocrinas para la reanudación de la actividad estral durante la lactación en cerdas y los diferentes tipos de manejo que se han probado para conseguir este objetivo.

Debido al efecto insulínico que se presenta cuando se incluye melaza en altos porcentajes en la dieta de las cerdas, se revisará el papel de la insulina en la fisiología reproductiva y su relación con las hormonas de la reproducción, también se comentarán los conocimientos más recientes sobre las necesidades fisiológicas del metabolismo de la cerda en lactación.

3.1. Endocrinología de la cerda durante lactación

Después del parto, se puede reiniciar la actividad estral al quitar los lechones recién nacidos, iniciándose inmediatamente el desarrollo folicular, la secreción de estradiol y la presentación del comportamiento del estro (Kunavongkrit, 1983). Sin embargo en términos fisiológicos normales, es decir, cuando la lactancia de la camada se permite, se presenta el anestro, que se caracteriza porque los cuerpos lúteos que se mantuvieron durante la gestación sufren regresión y pierden rápidamente la capacidad de secretar progesterona y relaxina (Hunter et al., 1993), por lo que, los niveles plasmáticos tanto de estradiol como de progesterona se mantienen constantemente bajos durante toda la lactación (Ash, 1975; Stevenson et al., 1981; Duggan et al., 1982; Edwards y Foxcroft, 1983). En el mismo sentido el desarrollo folicular durante el anestro lactacional, presenta una gran población de folículos pequeños y pocos folículos grandes (Palmer et al., 1965; Crighton y Lamming, 1969; Kunavongkrit et al., 1982; Dyck y Swierstra, 1983), sin que se presenten cambios en el número de folículos antrales, sin embargo si hay un aumento gradual en el tamaño de los folículos y una concomitante disminución de la atresia (Palmer et al., 1965; Cox y Britt, 1982). En los cerdos, la hormona foliculo estimulante (FSH) aparentemente estimula el desarrollo folicular hasta los 5 ó 6 mm de diámetro, mientras que la hormona luteinizante (LH) es necesaria para el desarrollo final, la maduración y ovulación (Britt et al., 1985). La falta de desarrollo folicular durante la lactancia parece ser por la falta de secreción de LH. Elsaesser y

Parvizi (1980) propusieron que en las cerdas como en otras especies, la disfunción en el mecanismo de retroalimentación positiva de los estrógenos para la liberación de LH que se presenta al inicio de la lactación es consecuencia de la prolongada exposición del eje hipotálamo-hipófisis a los altos niveles de progesterona existentes durante la gestación. Esta teoría se apoyaba en los primeros hallazgos de Melampy et al. (1966) y los de Crighton y Lamming (1969) donde reportan que la disminución de LH plasmática al inicio de la lactación era debida a la falta de síntesis y liberación de esta, sin embargo en estudios posteriores se ha encontrado que estas apreciaciones estaban equivocadas, ya que el eje hipotálamo-hipófisis responde poco tiempo después del parto cuando se aplica GnRH exógeno, y se incrementa la liberación de LH por la glándula pituitaria. Bevers et al. (1981) reportan un aumento en la liberación de LH en respuesta al tratamiento con GnRH, y esta respuesta se incrementa conforme transcurre la lactación, además sus resultados son consistentes con los hallazgos de un aumento en las reservas liberables de LH conforme aumenta el tiempo postparto reportado cuando se realiza el destete inmediatamente después del parto.

Ha quedado bien establecido que la LH es una señal luteotrópica esencial en las cerdas durante la gestación, y su secreción episódica se ha descrito por Parvizi et al. (1976) y por Ziecik et al. (1982). La síntesis y liberación activa de LH al final de la gestación por sí misma sugiere que la supresión crónica de la secreción de GnRH y la disminución de la sensibilidad de la hipófisis al GnRH no es una consecuencia normal de la gestación en la cerda, ya que cuando se realiza el destete inmediatamente después del parto (destete cero) se observa una estimulación marcada del crecimiento folicular ovárico. Así, De Rensis (1989) para evaluar la actividad secretora de la LH y el desarrollo folicular en el postparto usó el destete cero o permitió el amamantamiento normal de la camada, y encontró que aún existiendo variación entre cerdas en la secreción de LH e independientemente del tratamiento, una proporción considerable de las cerdas tenían una liberación similar de LH a la que se observa en la fase folicular de un ciclo estral normal; para las cerdas con destete cero la persistencia de estos patrones de liberación de LH se asoció invariablemente con un aumento en el desarrollo folicular que no siempre fue característico de un ciclo ovulatorio normal, así que en los animales con incrementos en la concentración circulante de LH, crecimiento folicular y actividad esterooidal sobrepasaron las características presentadas por folículos preovulatorios normales, lo que sugiere el desarrollo de quistes foliculares. Por otra parte, en las cerdas que se permitió la lactación, la secreción de LH se suprimió a las 54-78 horas postparto, el autor concluyó con esto, que el amamantamiento por sí mismo puede ser la causa principal de la inhibición de la secreción GnRH y tal vez de LH en el postparto de cerdas en lactación y que no obstante que la actividad ovárica se asoció con estros prolongados, anovulación y formación de quistes ováricos, estos datos claramente indican que puede estar presente una adecuada estimulación de las gonadotropinas para el desarrollo folicular inmediatamente después del parto en ausencia del amamantamiento. Además en otro trabajo de De Rensis et al. (1991) en el que usaron GnRH durante la lactación encontraron desarrollo folicular y

un aumento en la concentración plasmática de LH, por lo tanto existe la capacidad de respuesta por parte de la hipófisis para tener actividad secretora y de los ovarios para reiniciar la ovulación.

Los niveles de FSH en la pituitaria retornan a concentraciones normales poco después del parto (Crighton y Lamming, 1969), y va aumentando gradualmente el nivel plasmático a través de la lactación (Stevenson et al., 1981; Edwards y Foxcroft, 1983). Sin embargo, la respuesta a la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) es constante durante la lactación (Cox y Britt, 1982). Al parecer la secreción de FSH se inhibe durante la lactación principalmente por la inhibina u otros productos ováricos no esteroidales (Stevenson et al., 1981), aunque el amamantamiento por sí mismo no altera los niveles de FSH pudiera tener un efecto marginal, ya que los niveles de FSH se incrementan al destete (Shaw y Foxcroft, 1985).

Al parto en algunas cerdas hay una secreción pulsátil mayor de LH, similar a la que se presenta después de la ovariectomía, y continúa por más de 48h antes que disminuya y cambie completamente para ser suprimida conforme aumenta la intensidad del amamantamiento. De ahí en adelante y en contraste con los niveles de FSH, los niveles de LH se mantienen suprimidos a través de las primeras 3 o 4 semanas de anestro lactacional (Cox y Britt, 1982; Varley y Foxcroft, 1990) y permanecen bajos sin responder a la ovariectomía antes de la tercer semana postparto (Stevenson y Britt, 1981). Como sucede con la FSH, la LH sérica aumenta después de la tercer semana de lactancia, tanto en cerdas intactas como en ovariectomizadas y al parecer su supresión no es con relación al *status* ovárico sino que es inversamente proporcional con la intensidad del amamantamiento (Ellendorff et al., 1982; Buttle, 1991).

La secreción de prolactina en la cerda se ha asociado directamente con el amamantamiento (van Landeghem y van de Wiel, 1978; Kendall et al., 1983). La prolactina plasmática aumenta rápidamente durante el periodo de estimulación con el hocico del lechón y el masaje de la teta antes de la bajada de la leche, observándose después de 10 a 15 minutos un pico en la concentración de prolactina, para regresar a niveles basales a los 30 o 40 minutos de iniciado el amamantamiento, por lo tanto la frecuencia de amamantamiento sirve para mantener una elevación crónica en la prolactina circulante, pero al parecer no existe relación con el número de lechones en la camada o una reducción de esta en la lactación (Shaw, 1984; Grant, 1989). Sin embargo, la separación completa de la camada después de 6 horas ya sea en forma temporal o permanente, resulta en una disminución precipitada de la concentración de prolactina a niveles basales (Shaw, 1984), pero la disminución gradual de la secreción de prolactina al final de la lactación se debe a una disminución gradual en la frecuencia de amamantamiento, más que a una disminución de la respuesta de la prolactina al amamantamiento, esto es, una respuesta "todo o nada" a la estimulación nerviosa aferente (Varley y Foxcroft, 1990).

Como se ha visto anteriormente la limitante para la reanudación de la actividad estral después del parto más que la falta de producción de gonadotropinas o su factor liberador, es la presencia del estímulo neuroendocrino inducido por el amamantamiento que regula tanto la liberación de prolactina como la inhibición en la secreción de GnRH (De Rensis, 1989), con esto último se

inhibe la actividad ovárica y se previene la ovulación poco después del parto; por otra parte el esfuerzo metabólico se dirige principalmente a la producción láctea (Varley y Foxcroft, 1990). Sin embargo, al final de la lactación el efecto inhibitorio del amamantamiento cambia y en algunos experimentos se ha demostrado que las cerdas pueden ser servidas, aún antes de ser destetadas (Crighton, 1970; Rowlinson y Bryant, 1982).

3.2. Inducción de estro durante la lactación

A pesar que las reservas secretables de GnRH en hipotálamo, así como las propias de gonadotropinas en hipófisis se encuentran disponibles inmediatamente después del parto (Shaw, 1984; De Rensis, 1989), la respuesta del ovario frecuentemente se manifiesta con alteraciones del crecimiento normal de los folículos (Varley y Foxcroft, 1990), además la involución uterina y la reparación del endometrio se presentan hasta después de 7 a 10 días posparto, Hughes y Varley (1984), sugieren que después de la primer semana posparto en el útero se puede establecer una nueva gestación; al igual el ovario después del décimo día posparto, puede continuar el desarrollo de folículos pequeños hasta folículos preovulatorios (Britt et al., 1985).

El detener la lactación en los primeros días posparto y el destete precoz de la camada involucra el uso de sistemas de alojamiento intensivo tanto para los lechones como para las cerdas que deberán ser servidas, y que esto no es necesariamente sinónimo de mejoramiento en el bienestar de los animales. Así que, si fuera posible conseguir el establecimiento de la gestación y continuar con la lactancia a los pocos días posparto las cerdas podrían entonces pasar considerablemente más tiempo en instalaciones sin confinamiento, como áreas de lactación múltiple y además producir 2.5 camadas al año (Varley y Foxcroft, 1990).

Para conseguir el establecimiento de la gestación durante la lactación se han hecho varios intentos con diferentes técnicas sin lograr superar completamente el anestro lactacional y solo se han conseguido éxitos moderados cuando se hace después de la tercer semana de lactación. Entre los métodos usados se incluyen el destete parcial (Crighton, 1970; Newton et al., 1987b), el agrupamiento social y la exposición al verraco (Duggan et al., 1982; Rowlinson y Bryant, 1982), el tratamiento con gonadotropinas (Ahrens y Schlegel, 1975; Martinat-Butte, 1975; Schumm et al., 1979; Hausler et al., 1980), el tratamiento con estrógenos (Elsaesser y Parvizi, 1980; Cox et al., 1988), la administración de GnRH (Guthrie et al., 1978; Cox y Britt, 1982; Rojanasthien et al., 1987) y el uso de moduladores opiáceos (Barb et al., 1987). En algunos casos la respuesta ha sido escasa principalmente cuando se aplican en los primeros días posparto (Guthrie et al., 1978; Cox et al., 1988) o bien es inconstante, como en el reagrupamiento de las cerdas y sus camadas a partir de los 10 días de amamantamiento, donde fueron servidas hasta el 100% de las cerdas antes de los 34.1 días posparto (Rowlinson y Bryant, 1976), sin embargo, no fue reproducible cuando se probó el mismo manejo en otros hatos (Petchey y English, 1980). Además Britt et al. (1985) encontraron que el uso de gonadotropinas en cerdas en lactación, da mejores resultados cuando se aplica después de 30 días de lactación (el 64% responden al tratamiento). Con el uso de benzoato de

estradiol para estimular la respuesta de LH y la ovulación, Cox et al. (1988), encontraron una respuesta significativa en la presentación del estro a partir de la tercer semana cuando lo habían aplicado en la segunda, tercera o cuarta semana de lactación. Guthrie et al. (1978), realizaron tres experimentos para probar el efecto del contacto con el verraco y la aplicación de gonadotropinas o GnRH, tratando de inducir estro y ovulación en lactación, la sola exposición del verraco no fue suficiente, pero el uso de gonadotropinas (gonadotropina sérica de yegua preñada más gonadotropina coriónica humana) a los 12 ó 14 días posparto más GnRH a las 72 horas de las gonadotropinas estimuló la ovulación en el 53% de cerdas, y el 33% tuvieron óvulos fertilizados después del servicio. Cox y Britt (1982) administraron GnRH en forma pulsátil (cada 2 horas por 7 días) a partir del día 22 posparto y el 50 % de las cerdas presentó estro a los 4 días de iniciado el tratamiento quedando todas gestantes; en otro experimento cuando dieron el GnRH más frecuente pero en menor dosis y a partir del día 31 de lactación, el 85% concibieron, además Ramírez et al. (1985) encontraron resultados similares con el mismo tratamiento pero cuando lo usaron a partir del día 24 posparto. Con el uso de bloqueadores de la acción de los péptidos opioides endógenos como la naloxona, varios autores han reportado que se aumenta la liberación de LH y disminuye la concentración de prolactina por lo tanto los péptidos opioides endógenos (POE) están íntimamente relacionados con la liberación de gonadotropinas en la lactación (Barb et al., 1986; Mattioli et al., 1986; Armstrong et al., 1988a), sin embargo al parecer los POE actúan en asociación con otros factores en la mediación de la supresión de la secreción de gonadotropinas inducida por el amamantamiento cuya identificación todavía no se ha aclarado, pero Varley y Foxcroft (1990) sugieren que podría estar relacionado con la intensidad del amamantamiento, la producción láctea y la función ovárica durante la lactación. Además el crecimiento folicular durante la lactación no solamente esta relacionado con las concentraciones plasmáticas de gonadotropinas medibles en la vena yugular. Los resultados de Foxcroft et al. (1987) de cerdas en lactación, más los referidos en la revisión del tema de Varley y Foxcroft (1990) con cerdas en lactación en las que se usó el destete parcial a partir del día 21 de lactación o el destete total a los 28 días, resultó en una estimulación marginal del desarrollo folicular determinado *in vitro* en el día 28, sin embargo, no se encontraron cambios hormonales persistentes en las 24 horas predestete ó 12 horas después de iniciado el destete parcial, concluyen que el desarrollo folicular en lactación y después del destete no esencialmente se relacionan con cambios medibles de gonadotropinas circulantes. Reforzando este punto de vista, Rojanasthien et al. (1988), al medir en cerdas después del destete las concentraciones de estrógenos en la vena ovárica y compararlas con las concentraciones en la vena yugular, encontraron cambios en la vena ovárica que los pudieron relacionar con actividad folicular que no fueron detectables en la vena yugular.

De acuerdo con el volumen de la producción láctea, la frecuencia del amamantamiento y la interacción de la madre con la camada, que son los principales factores que participan en la regulación de la actividad estral después del parto, el mejor momento que se presenta para la estimulación del reinicio de la actividad estral durante la lactación es después de 20 días de

amamantamiento, con este objetivo se han usado con éxito principalmente dos tipos de manejo, el destete parcial de la camada y el amamantamiento restringido. Con la finalidad de comparar estos dos métodos, Grant (1989) realizó un experimento en el que encontró una mejor respuesta al amamantamiento restringido que el destete parcial, en ese experimento, utilizó cerdas con camadas de 10 lechones, usando el amamantamiento libre como grupo control, en otro grupo realizó el destete parcial a partir del día 14 y hasta el día 21 (retiro de los 5 lechones más grandes) cubriendo o no los tres pares anteriores de tetas, y al analizar *in vitro* el desarrollo ovárico en el día 21, estableció que sólo el destete parcial incrementa el desarrollo folicular pero es mayor cuando se cubrieron parte de las tetas. Además la secreción de LH, no cambia en las cerdas control en el mismo lapso de 48 horas como en el grupo donde se cubrieron las tetas y se hizo el destete parcial, es decir donde ya no hubo estimulación de las tetas vacías por haber destetado parte de la camada, por lo que resultó en este último grupo un incremento crónico en la liberación de LH; solamente algunas hembras del grupo con sólo destete parcial presentaron una respuesta persistente de LH al reducirse el número de lechones en la camada, en las demás del mismo grupo solamente hubo un aumento temporal en la secreción de LH y no se presentó una relación constante entre la magnitud de la respuesta inmediata de LH y el incremento en el desarrollo folicular 7 días después del destete parcial. Por lo tanto, la respuesta diferencial de las cerdas con camadas menores pero que ejercen un estímulo en las tetas, sobre la secreción de gonadotropinas y el desarrollo ovárico parece estar mediado primeramente a través de diferencias en la cantidad de la estimulación neural aferente generada por el amamantamiento. Además el solo destete parcial es suficiente para la presentación del efecto neuroendócrino necesario para la reducción en la secreción de prolactina y oxitocina (Grant, 1989; Varley y Foxcroft, 1990), presentándose una mejor respuesta con el amamantamiento restringido donde la secreción de prolactina cae a niveles basales a las 6 horas de retirada la camada de la madre y se detecta un aumento en la concentración de gonadotropinas séricas (Newton et al., 1987b)

Con relación al tiempo óptimo de separación de la camada para la inducción del estro durante la lactación, la reducción de la intensidad del amamantamiento al separar la camada de la cerda por periodos diarios de 6 a 12 horas, a partir de la segunda o la tercer semana posparto, usualmente permite la presentación de estro durante la lactancia en un alto porcentaje de cerdas (Smith, 1961; Walker y England, 1977; Thompson et al., 1981). Al respecto, Stevenson y Davis (1984) encontraron al separar las camadas de las madres por 6 horas diarias de la segunda a la cuarta semana de lactación, un 65% de las cerdas manifestaron estro durante la lactación, esto no difirió con la separación por 12 horas diarias en el mismo periodo. Y si fue mejor que el destete total a las 2 o 4 semanas de lactación; además los valores de ovulación y fertilización no se vieron afectados en las cerdas que ovularon durante la lactación, pero hubo más cerdas multiparas (el 75%) que primiparas (40%) que expresaron estro durante lactación. Por otra parte Newton et al. (1987a) usando la exposición al verraco durante los mismos periodos de separación de la camada, consiguieron un 79% de cerdas en estro durante la lactación, sin afectarse el periodo

destete-estro para el resto de las cerdas. Por los cambios en las concentraciones hormonales bajo este mismo esquema de manejo, Newton et al. (1987b) concluyen que la separación de la camada y la exposición al verraco, incrementa la secreción basal y pulsátil de LH en cerdas primíparas y multiparas; la falta de desarrollo folicular y de secreción de estradiol puede prevenir la expresión del estro en cerdas primíparas durante la lactación, no obstante que están elevadas las concentraciones de FSH y LH en suero.

Durante la lactancia además de las hormonas de principal importancia para la reproducción que ya han sido discutidas, también se presentan variaciones en la concentración de otras hormonas y metabolitos que participan o son consecuencia principalmente de la lactogénesis y lactopoyesis, (Booth, 1990).

La capacidad para la reanudación de la actividad estral posparto y en consecuencia el número de ovulaciones, no solamente se ve afectada por el efecto que ejerce el amamantamiento sobre el control neuroendócrino de la lactación, sino que en sí la lactación representa para la cerda el período productivo de mayor demanda metabólica, en el que la producción láctea es, después de las funciones vitales, la prioridad en las funciones orgánicas (Foxcroft, 1992). Donde la alimentación es determinante para cubrir las necesidades de producción, lo cual en la mayoría de los casos no sucede en un 100%, ya sea por mal manejo de alimentación en la gestación previa (Weldon et al., 1994a), densidades inadecuadas de energía y proteína en la dieta de lactación (Mahan y Mangan, 1975; Cole y Chadd, 1989), limitaciones fisiológicas para alcanzar a consumir el alimento necesario (Cole y Chadd, 1989; Cole, 1990), estrés ambiental que inhiba el consumo de alimento (Stansbury et al., 1987) o altas demandas de producción (Yang et al., 1989); estos factores están presentes en la mayoría de los casos combinados con más de uno de ellos mismos (Cole, 1990).

Cuando el consumo de la dieta no cubre las necesidades de nutrimentos de las cerdas en lactación se inicia el catabolismo de las reservas corporales o incluso se degradan proteínas estructurales, sin embargo, las causas que determinan el orden de disposición de las reservas corporales no es del todo claro, pero podría estar relacionado con el *status* metabólico en el que se encuentre el organismo de las cerdas al momento del inicio de la lactancia (Foxcroft, 1992). Entre las variables que se han usado para relacionar el reinicio de la actividad estral y la prolificidad subsecuente con el efecto de la lactancia, están el cambio de grasa dorsal, la pérdida de peso y la condición corporal, pero hasta la fecha no se ha encontrado una respuesta constante en estos parámetros que puedan servir como estimadores del efecto de la lactación (Yang et al., 1989; Kirkwood et al., 1990; Rojkitikhun et al., 1992). Por otra parte, el comportamiento sérico de hormonas metabólicas como la insulina, más que la cantidad de glucosa circulante, se afecta durante la lactación y además, la insulina participa en forma directa e indirecta en las funciones del eje hipotálamo-hipófisis-ovario (Kirkwood et al., 1990; Baidoo et al., 1992a,b), por lo que trasciende la importancia de los cambios que se han reportado con respecto a su concentración. Weldon et al. (1994a) encontraron que el área bajo la curva para la concentración de insulina

durante lactación era menor para las cerdas que consumieron menor cantidad de alimento durante lactación, y estuvo relacionada con la cantidad de alimento consumido durante los últimos cuarenta días de la gestación previa, sin embargo la glucosa no se afectó. Además, Weldon (1994b) al probar el consumo de alimento a libre acceso durante los últimos dos tercios de la gestación (AL) y la aplicación de insulina exógena durante la lactación para determinar el efecto de la insulina sobre el apetito, encontró cambios en la ingesta de alimento en los días 7 y 14 posparto, pero no en el consumo de alimento hasta el día 21 de lactación, y las cerdas de AL comparadas con las que se les restringió el alimento en el mismo periodo de gestación fueron menos tolerantes a la infusión de glucosa en el día uno de lactación; concluyeron entonces que la reducción del consumo de alimento durante la lactancia presentado por las cerdas de AL en gestación puede ser causado por la resistencia a la insulina. Por su parte Baidoo et al. (1992a), cuando proporcionaron el alimento en forma restringida durante lactación, encontraron una menor cantidad de insulina que cuando se dio alimento a libertad y además la secreción total de LH y FSH estimada hasta el día 28 de lactación fue mayor para las cerdas de alimentación a libertad, concluyendo que los efectos adversos de la restricción de alimento durante lactación están estrechamente ligados con la concentración de insulina medida hasta el día 28 posparto, y este menor consumo de alimento puede reflejar su efecto adverso en el comportamiento reproductivo de las cerdas y probablemente este mediado por los cambios en la concentración de LH (Kirkwood et al., 1990; Baidoo et al., 1992b). También Tokach et al. (1992a), reportaron que la insulina estaba correlacionada positivamente con los picos de LH en los días 7, y menos en los días 14, 21 y 28 de lactación, además las cerdas con un intervalo destete-estro menor eran las que tenían la concentración mayor de insulina sérica en el día 7 y 21 de lactación, sin embargo, en otro trabajo la aplicación de insulina exógena durante el intervalo destete-estro, no afectó la duración de este, ni el número de pulsos de LH (Rojkittikhun et al., 1993c) , y tampoco se afectó el intervalo destete-estro cuando la insulina se proporcionó por 30 días posdestete a cerdas que se les había restringido el alimento durante lactación (Johnston et al., 1989).

Esto parece indicar que el efecto principal sobre la insulina plasmática en lactación, esta relacionado estrechamente con el consumo de alimento en lactación y en consecuencia la pérdida de peso (Rojkittikhun et al., 1992). Rojkittikhun et al. (1993b), encontraron que las cerdas primíparas con pérdidas de peso menores de 25 kg durante la lactancia, tuvieron concentraciones mayores de insulina que las que perdieron más de ese peso, sin que se vieran afectados los demás metabolitos medidos. Además cuando hay cambios catabólicos importantes en las cerdas, como sucede en lactación, se encuentran bajas concentraciones de insulina e IGF-I en plasma, (Foxcroft, 1992). Los cambios hormonales asociados con catabolismo excesivo como el presente en los experimentos con alimentación restringida en lactación puede estar funcionalmente asociado a la diferencia en la secreción de gonadotropinas medidas al final de la lactación. (Baidoo et al., 1992a).

La insulina tiene diferentes funciones sobre la actividad reproductiva, y su importancia va

cambiando de acuerdo con las necesidades metabólicas de cada tejido, por lo que el efecto sobre las concentraciones de LH en lactación (Adashi et al., 1981; Booth, 1990) no es excluyente de la estimulación que ejerce sobre las células de la granulosa durante el desarrollo folicular para la formación de receptores específicos para LH en el tejido ovárico (Hammond et al., 1985; Jia et al., 1986; Engelhardt et al., 1991), en este sentido Booth en una revisión de literatura en 1990, menciona que no obstante que es compleja la regulación nutricional de la función reproductiva, es posible que este mediada por varias señales metabólicas que incluyen aumento de señales vagas para el canal alimenticio, hormonas cerebro-intestinales, otras hormonas o concentraciones de sustancias plasmáticas, y propone que el efecto primario se localiza a nivel hipotalámico, y no a nivel de hipófisis u ovario. Las evidencias apoyan la hipótesis de que el metabolismo energético proporciona uno de los eslabones fundamentales entre la nutrición y la reproducción. Así la modulación nutricional de las concentraciones plasmáticas de insulina, glucosa, aminoácidos y ácidos grasos libres proporciona señales al cerebro que influyen en la ingestión de alimento (Oomura, 1976; Fernstrom, 1983; Riis, 1983), el balance de energía y la regulación del peso (Porte y Woods, 1981). Es posible que estos centros puedan estar funcionalmente involucrados de forma directa o indirecta en la función reproductiva. Aunque no se han descrito efectos directos de la insulina en la síntesis y liberación de GnRH, la función normal de los receptores insulínicos en neuronas tuboinfundibulares con señales de relevo para los loci hipotalámicos pueden estar alterados en condiciones de diabetes mellitus y por lo tanto afectan las neuronas para la liberación de GnRH y gonadotropinas (Rossi y Bestetti, 1981). Sin embargo en ratas Adashi et al. (1981) demostraron que la insulina *in vitro* incrementa la secreción basal y la acción del GnRH para la secreción de LH y FSH de las células hipofisarias. Por otra parte la glucosa es el sustrato energético primario para el cerebro y actúa como precursor de otros metabolitos, algunos de los cuales son neurotransmisores que pueden afectar la secreción de gonadotropinas, entre los que se incluye al ácido gama-aminobutírico, el glutamato y el aspartato. Pero la insulina que regula el metabolismo de la glucosa en el resto del organismo, es probablemente de mayor importancia que la glucosa como señal detectada por el cerebro.

Aunque la concentración absoluta de glucosa e insulina son importantes, en ciertas condiciones no son correspondientes con la actividad reproductiva, las alteraciones metabólicas o las afecciones patológicas (ej. diabetes mellitus, hipoglucemia inducida por insulina, o la infusión de glucosa). Aparte de la insulina y glucosa se han reportado otros metabolitos y hormonas que afectan la reproducción, pero no se puede aún concluir al respecto, sin embargo, es claro que el estado metabólico afecta el funcionamiento del eje hipotálamo-hipófisis-ovario en los cerdos (Booth, 1990). Por otra parte, se ha establecido claramente que en el ovario la insulina participa activamente en la maduración folicular (Hammond, et al., 1985; Engelhardt, et al., 1991), regulando el crecimiento y desarrollo de las células de la granulosa en la cerda (Channing et al., 1976; May y Schomberg, 1981). Además la insulina también potencializa la estimulación de la FSH para inducir los receptores a LH y la producción de progesterona por las células de la

granulosa (Jia et al., 1986). Estas acciones pueden estar mediadas por la estimulación de las gonadotropinas para la producción de IGF-I en estas células. Meurer et al. (1991), usando cerdas diabéticas en las que se retiraba el aporte de insulina exógena y se estimulaba el crecimiento folicular (administrando PMSG), determinaron que se presentaba un porcentaje mayor de folículos atrésicos y disminuía la concentración sérica de factores de crecimiento similares a la insulina, tipo I (IGF-I); en folículos >7 mm de diámetro disminuía la concentración de estradiol (E) y de IGF-I, concluyendo que la insulina prevenía la atresia folicular, posiblemente porque la aromatización de esteroides no progresaba normalmente en el folículo sin la insulina. Además, *in vitro* la actividad de las células de la granulosa para aromatizar los esteroides aumenta cuando se adiciona insulina (Garzo y Dorrington, 1984) o IGF-I (Erickson, et al., 1989) al medio de cultivo.

Un incremento en el número de ovulaciones se ha observado asociado con una mayor área bajo la curva para la concentración de insulina en cerdas nulíparas (Cox et al., 1987), consiguiendo el efecto insulinémico al ofrecer a partir de diferentes momentos del diestro y hasta el estro siguiente una dieta hiperenergética o bien una dieta isoenergética con altos contenidos de melazas (Cole, 1982; Aherne y Kirkwood, 1985; Rodríguez, 1990). Estos cambios en el número de ovulaciones podrían estar afectados por la acción que ejerce la insulina, ya sea sobre el crecimiento folicular a nivel ovárico o bien en el eje hipotálamo- hipófisis (Flowers et al., 1989; Beltranena et al., 1993).

Desde 1960 se reportaron efectos beneficios sobre el número de ovulaciones al adicionar a la ración de cerdas nulíparas, nutrientes con alto contenido de energía por períodos menores de un ciclo estral (Zimmerman et al., 1960). En 1967, Kirkpatrick et al. reportaron que el uso adicional de glucosa o aceite de maíz por 14 días antes del tercer estro pospuberal incrementaba el número de ovulaciones, la ganancia corporal y la grasa dorsal de las cerdas. Posteriormente se estableció que existe una relación positiva entre el nivel de alimentación (energía) y el número de ovulaciones y que el proporcionar energía en la dieta por arriba del requerimiento de mantenimiento de 8 a 4 días antes del estro representa un aumento en el número de ovulaciones (Anderson y Melampy, 1972; Zimmerman, 1972; Cole, 1982; Kirkwood y Aherne, 1985). También se encontró que la insulina sola o en combinación con una dieta alta en energía incrementaba el número de ovulaciones en cerdas nulíparas (Cox et al., 1987). Posteriormente Flowers et al. (1989) caracterizaron los perfiles hormonales de las cerdas nulíparas a las que se les ofreció una dieta alta en energía, reportando que hubo un aumento en la concentración media de insulina durante el tratamiento, siendo positiva la relación de insulina con el número de ovulaciones y las concentraciones de gonadotropinas previas al estro. Resultados similares encontró Beltranena et al. (1993) al hacer un muestreo intenso en el período cercano al estro, en el que reportan altas concentraciones de insulina plasmática y una mayor concentración de IGF-I en el período en el que se presentaba el pico de LH en las cerdas a las que se les ofreció mayor cantidad de energía.

Sin embargo, al parecer para conseguir el efecto insulinémico en cerdas nulíparas e incrementar tanto el número de ovulaciones como la prolificidad a la siguiente parición, no es necesario el proporcionar una dieta hiperenergética. Rodríguez (1990) probando tres dietas isoenergética cuya

f fuente de energía era aceite, melaza (con una inclusión del 50 %) o sorgo (control) y al compararlas en cerdas nulíparas del segundo al tercer estro, encontró que las cerdas alimentadas con melaza tenían un aumento en el número de ovulaciones por conteo del número de cuerpos lúteos en el día 7 al 10 posterior al servicio. Oliva et al. (1992) al comparar una dieta con alto contenido de melaza (52%) contra una dieta control (sorgo-soya), ambas isoenergéticas y con un esquema similar al anterior pero permitiendo llegar a término la gestación, reportan un mayor número de lechones nacidos vivos y nacidos totales en la dieta que contenía más del 50 % de melaza que la dieta control. Sin embargo cuando se ha buscado un efecto insulínémico sobre el intervalo destete-estro, el número de ovulaciones o la prolificidad a la siguiente parición en cerdas de un parto o más no se han conseguido buenos resultados. Rodríguez (1990) no encontró diferencias en la prolificidad de cerdas adultas cuando proporcionó alimento con un 50 % de melaza o una dieta control (sorgo-soya) durante el intervalo destete-estro. Oliva (1990) cuando probó tres tipos de dietas todas ellas isoenergéticas pero con diferente ingrediente como principal fuente energética (aceite, sorgo o melaza) y la proporcionó durante toda la lactación y los primeros 10 días postdestete tampoco encontró diferencia entre los tratamientos para el intervalo destete-estro o la prolificidad a la siguiente parición. Finalmente Beltrán et al. (1992) no encontraron efecto de la utilización de melaza (50%) en dietas isoenergéticas para cerdas multiparas, ya sea durante toda la lactación, el periodo destete-estro o la combinación de ambos sobre el intervalo destete-estro. Probablemente al proporcionar la dieta en forma restringida durante el periodo destete-estro después de una gran demanda metabólica que fue la lactación no sea posible conseguir el efecto de insulínemia o que este no sea el suficiente para afectar el eje hipotálamo-hipófisis-ovario debido al desbalance energético que se presenta en ese momento y que no esta presente en cerdas nulíparas. Por otra parte cuando se ha proporcionado alimentación con altos niveles de energía antes de la monta y en la gestación temprana superando las necesidades de mantenimiento hay un efecto negativo sobre la sobrevivencia embrionaria, comparado con restringir el consumo después de terminada la lactación (Einarsson y Rojkittikhun, 1993). Debido a que no es clara la razón de porque el proporcionar mayor cantidad de energía de las necesidades de mantenimiento o altas cantidades en la ración de ingredientes insulínémicos como la melaza, la glucosa o miel de maíz durante la lactancia o después del destete no altera los parámetros reproductivos, y que además el incremento de la prolificidad por la adición de melaza a la dieta previo al estro solo se encuentre restringido a las cerdas nulíparas.

En el presente trabajo se plantea probar el uso del amamantamiento restringido y la adición de un 35% de melaza en la dieta de lactación para inducir el estro durante la lactancia, periodo en el que las condiciones metabólicas permiten el reinicio de la actividad estral y el establecimiento de la gestación al mismo tiempo que las necesidades de producción permiten un mayor consumo de energía sin necesidad de tener que restringir el ofrecimiento de alimento y así aumentar la posibilidad de que la adición de melaza en el alimento induzca el efecto insulínémico que se reporta en las cerdas nulíparas.

4. Hipótesis

I.- El amamantamiento restringido y el consumo de dietas con un 35% de melaza en la ración de las cerdas durante la cuarta semana de lactación incrementará el número de lechones al parto subsecuente.

II.- El amamantamiento restringido durante la última semana de lactación permitirá disminuir el tiempo para la presentación del estro.

III.- En las cerdas el consumo de una dieta con 35% de melaza durante el periodo en que se aplica un amamantamiento restringido incrementará la concentración de insulina plasmática durante el periodo esperado de crecimiento folicular.

5. Objetivos

I.- Evaluar el efecto de restringir el amamantamiento durante la cuarta semana de lactación sobre el cambio de peso de las cerdas, la presentación del estro postratamiento y la fertilidad de las cerdas.

II.- Evaluar el efecto de la inclusión de un 35% de melaza en la dieta de las cerdas durante la cuarta semana de lactación sobre el cambio de peso de la cerda, además del efecto sobre la prolificidad de la cerda.

III.- Evaluar la interacción del amamantamiento restringido y el uso de melaza como fuente energética durante la cuarta semana de lactación sobre el cambio de peso de las cerdas, la presentación del estro postratamiento y la prolificidad a la siguiente parición .

IV.- Determinar el efecto del amamantamiento restringido, el uso de melaza o la combinación de ambos durante la cuarta semana de lactación sobre los cambios en la concentración de insulina plasmática.

6. Material y Métodos

Los experimentos se realizaron en las instalaciones de la Unidad de Producción Porcina de la Comisión Nacional para el Mejoramiento Genético y la Reproducción Animal A.C., ubicada en Ajuchitlán, Colón, Querétaro, durante el periodo de marzo a julio de 1992. Las características de la zona son: altitud de 1950 msnm, clima semiseco templado Aw, con lluvias en verano, precipitación pluvial anual de 500 a 600 mm y temperatura media anual de 16°C (Soria et al., 1987).

Las muestras se procesaron en el Laboratorio de Nutrición Animal del CENID-Fisiología y en el de Radioinmunoanálisis del INIFAP-SARH.

6.1. Procedimiento Experimental

Se realizaron dos experimentos con cerdas durante la cuarta semana de lactación, para evaluar el efecto del amamantamiento restringido y el suministro de melaza en la dieta, sobre la prolificidad y la fertilidad al parto subsecuente en el experimento uno, y en el segundo experimento sobre los cambios en la concentración de insulina.

Manejo General. La dieta que se proporcionó durante la lactación a las cerdas, se ofreció *ad libitum* a partir de las 12 hrs posparto y hasta el día del destete. Las raciones suministradas del primer día después del parto y hasta el día 22 de lactación, estaban compuestas a base de sorgo molido y pasta de soya (S) como ingredientes principales. Del día 22 después del parto hasta el destete, se suministraron las dietas experimentales (cuadro 1). Todo el alimento que se ofreció durante la lactación y gestación estaba balanceado por proteína y energía, además de estar suplementado con vitaminas, minerales y sal común, de acuerdo a las necesidades para cerdas en lactación (NRC, 1988). La formulación del alimento se realizó por programación lineal, de tal forma que se ajustó la concentración de proteína cruda, calcio y fósforo en función de la energía metabolizable (EM) del alimento, con el fin de que la dieta permitiera un consumo isoenergético e isoprotéico para cubrir los requerimientos de producción de la cerda (NRC, 1988).

Durante la fase experimental se midió el consumo individual diario de alimento, y cada 7 días se tomaron muestras del alimento ofrecido para determinar el porcentaje de proteína cruda por el método de Kjeldahl (Tejada, 1983).

En las primeras 24 h posparto se igualaron camadas y se usaron solo las madres que hubieran parido más de 8 lechones en total. A las crías se les aplicaron 200 mg de hierro dextrán IM a las

48 h de vida. Debido a que cambios bruscos en los ingredientes de las raciones pueden provocar rechazo del alimento, el día 17 de lactación se les ofreció a todas las cerdas la dieta experimental que contenía 35% de melaza (ver cuadro 1), las cerdas que lo rechazaron quedaron fuera del experimento. No fue necesario hacer lo mismo con la otra dieta ya que contenía los mismos ingredientes de la dieta ofrecida durante las primeras tres semanas de lactación. Las cerdas que estaban lactando camadas de 7 ó más lechones en el día 22 posparto fueron asignadas al azar a uno de cuatro tratamientos dentro de su raza y número de parto; el manejo experimental de acuerdo al tipo de tratamiento concluyó al destete, y la dieta experimental se cambió a alimento para cerdas de gestación una vez que recibieron su última monta natural. El destete se realizó al recibir la última monta natural o al tener en promedio 30±1 días posparto, lo que sucediera primero.

A las camadas no se les ofreció alimento sólido durante toda la lactancia, los lechones de camadas con amamantamiento restringido, permanecieron en la jaula de maternidad durante los periodos de separación que se describen más adelante.

El manejo y las instalaciones que se usaron fueron las siguientes: A partir del día 109 de gestación y hasta el día 21 de lactación, las cerdas fueron alojadas en jaulas individuales de maternidad, cada una constaba de piso elevado de rejilla, comedero tipo tolva, bebedero de chupón y lechonera lateral con fuente de calor artificial. Del día 22 posparto al destete las cerdas usaron las mismas jaulas de maternidad o en su caso jaulas individuales de gestación con piso de cemento, comedero individual tipo canoa y bebedero de chupón; después del destete y durante la gestación se alojó a las cerdas en corrales colectivos para 12 o 15 animales con comederos individuales en batería y bebedero tipo chupón y los lechones durante la lactancia se alojaron en las jaulas de maternidad.

Se registraron los pesos corporales de las cerdas, tomando los pesajes: en las primeras 18 h posparto, el día 22 de lactación y el día del destete.

Se registró el día y la hora de la primera y última aceptación del verraco. En el parto subsiguiente se registró el número de lechones de la camada.

Cuadro 1. Composición de las dietas experimentales

Ingredientes, kg	Tipo de dieta ^a	
	sorgo-soya	35% de melaza
Grano de sorgo	72.80	42.387
Melaza de caña ^b	-	34.99
Pasta de soya	19.60	17.995
Fosfato dicálcico	1.80	1.999
Aceite crudo	4.30	1.799
Minerales ^c	.35	.35
Sal yodada	.40	.30
Vitaminas ^d	.10	.10
L-Lisina-HCl	-	.08
L-Treonina	-	.02
Carbonato de calcio	.80	-
Total	100.15	100.00
Composición analizada		
Energía metabolizable, kcal/día	3.32	2.833
Proteína cruda, %	15.08	12.862
L-Lisina, %	.74	.62
Calcio, %	.80	.82
Fósforo, %	.70	.64

^aLa dieta sorgo-soya se usó durante las tres primeras semanas de gestación para todos los animales y en la cuarta semana que fue el período experimental se usaron ambas dietas

^bLa melaza de caña fue de 80° brix.

^cCada kg. de mezcla contenía: Se .025 g; Co .215 g; Cu 2.2 g; Fe 25.5 g; Zn 28.5 g; Mg 2.7 g; K.0333 g.

^dCada kg. de mezcla contenía: Vitamina (vit) A 3,300,000 U.I.; vit D 330,000 U. vit E 50,000 U.I.; vit B₂ 1.1 g; vit B₅ 27 g; vit B₁₂ .018 g; colina 175 g.

6.2. Experimento 1

Se usaron 87 animales, 34 cerdas de primer parto (primíparas) y 53 cerdas de segundo a séptimo parto (multiparas), de las razas Landrace, Yorkshire e híbridas Landrace-Yorkshire (F1), asignándose al azar a uno de los siguientes tratamientos: para la dieta sorgo-soya (S) con amamantamiento *ad libitum* de la camada fue el tratamiento 1 (SL), y con amamantamiento restringido de la camada, el tratamiento 2 (SR); para la dieta con 35% de melaza (Mz) como ingrediente fijo, con amamantamiento *ad libitum* de la camada fue el tratamiento 3 (MzL), y con amamantamiento restringido, el tratamiento 4 (MzR)

Manejo del Amamantamiento. Del día 22 de lactación al destete, permanecieron en las instalaciones de maternidad las cerdas con amamantamiento a libertad (L); las cerdas con amamantamiento restringido (R) tenían un periodo de separación de la camada de 10 h diarias (de las 7:00 a las 17:00 h), periodo en el que se alojaban en las jaulas individuales de gestación, retornando a la sala de lactancia el resto del día (de las 17:00 a las 7:00 h del día siguiente), los periodos de separación iniciaron a las 7:00 h del día 22 de lactación.

Alimentación. Del día 22 de lactación y hasta la última monta del primer estro postratamiento se alimentó a las cerdas con las dietas experimentales. La dieta a base de sorgo-soya (S), que se proporcionó durante las primeras tres semanas posparto la continuaron recibiendo las cerdas de los tratamientos 1 y 2 (SL y SR); a las cerdas de los tratamientos 3 y 4 (MzL y MzR) se les ofreció la dieta que contenía como ingrediente fijo un 35% de melaza (cuadro 1), para esta dieta se hizo una estimación del consumo de EM, mediante la fórmula de concentración final de energía = $3.51 - 0.02X$, donde X es el porcentaje de melaza incluido en la dieta (Fernández, 1990).

Para la medición del consumo diario se ofrecían a partir de las 7:00h 10 kg de alimento y cada 24 h se evaluaba el consumo con la medición del rechazo y el desperdicio.

Detección de estros. Para las cerdas del amamantamiento restringido (tratamientos 2 y 4) la estimulación con la presencia del verraco se inició desde el día 22 posparto y para las de amamantamiento a libertad (tratamientos 1 y 3) a partir del destete. Después del servicio en cualquiera de los tratamientos se detectaron posibles repeticiones de estro del día 18 al 24 posmonta. Para la estimulación y detección de estros, se paseó diariamente frente de las jaulas de gestación o se introdujo en los corrales colectivos un semental dos veces al día durante 30 minutos en cada ocasión. El diagnóstico de gestación se realizó a los 37±4 días postservicio por medio de ultrasonido (Scanopreg mod.739). Las cerdas que no presentaron estro durante los 24 días postdestete, fueron consideradas como cerdas en anestro y las que repitieron estro no se consideró la información de su camada para el análisis de la prolificidad. Los servicios se dieron con 3 diferentes sementales, uno cada 12 h a partir de las 12 h posteriores al inicio del estro para evitar

el efecto de semental en la prolificidad de las cerdas.

Después de terminado el estro y el servicio o a partir del destete, lo que hubiera sucedido primero, se alojaron en corrales colectivos en donde permanecieron durante la gestación hasta el día 109 postservicio, para ingresar nuevamente a maternidad.

Diseño Experimental. Se usó un arreglo factorial de $2 \times 2 \times 2$ con diseño totalmente al azar. Donde los factores fueron: a) el tipo de amamantamiento (a libertad o restringido); b) el tipo de dieta (a base de sorgo-soya o con un 35% de melaza como ingrediente fijo y c) el número de parto (primíparas ó multiparas). El efecto de la raza fue inicialmente analizado, sin embargo no hubo diferencias y no se incluyó en el análisis de las demás variables.

Las Variables de Respuesta fueron:

1. La proporción de la pérdida de peso:

-En la fase experimental.- Fue el cambio de peso que tuvieron las cerdas del inicio del tratamiento (día 22 de lactación) al destete, expresado como porcentaje del peso al inicio del tratamiento.

-En lactación.- Fue el peso que cambiaron las cerdas del primer día después del parto al destete, expresado como porcentaje del peso al día uno de la lactación.

2. El consumo diario de energía metabolizable:

-Durante la fase experimental.- Fue el promedio de energía metabolizable medido en Mcal/día, obtenido con el consumo diario de alimento, del que se estimó la cantidad de energía metabolizable de acuerdo a la composición de cada dieta, en el periodo del inicio del tratamiento al día de destete.

-Durante lactación.- Fue el promedio de energía metabolizable medido en Mcal/día, obtenido con el consumo diario de alimento, del que se estimó la cantidad de energía metabolizable de acuerdo a la composición de cada dieta, en el periodo del primer día después del parto al día del destete.

3. La reanudación de la actividad estral medida como el intervalo:

-Del inicio del tratamiento al estro (ITE).- Fue el tiempo medido en horas que transcurrió del primer día de tratamiento a la presentación de la primera manifestación de estro.

-Del destete al estro (IDE).- Fue el tiempo medido en horas que transcurrió del destete a la primera aceptación del verraco.

-De duración del estro.- Fue el tiempo medido en horas que transcurrió desde la primera hasta la última aceptación del verraco.

b) La proporción de estros antes y después del destete.- Fue la cantidad de cerdas que fueron expuestas al amamantamiento restringido y que presentaron estro antes y después del destete, con relación al total de las expuestas.

c) La tasa de concepción.- Fue la cantidad de cerdas gestantes a los 37 días después del servicio

como porcentaje del total de cerdas servidas.

4. El número de lechones en la camada a la siguiente parición, expresado como:

-El número de lechones nacidos totales.- Fue la cantidad de lechones que nacieron en total , es decir los lechones nacidos vivos más los nacidos muertos más los nacidos como momias, en el parto posterior al tratamiento.

-El número de lechones nacidos vivos.- Fue la cantidad de lechones nacidos vivos en el parto posterior al tratamiento.

b) El porcentaje de:

-Momias.- Fue la cantidad de lechones nacidos momias en el parto siguiente al tratamiento como porcentaje del total de lechones nacidos.

-Nacidos muertos.- Fue la cantidad de lechones que nacieron muertos en el parto siguiente al tratamiento como porcentaje del total de lechones nacidos.

Análisis Estadístico. Para lograr los tres primeros objetivos, los datos fueron agrupados para tener covariables comunes y se analizaron empleando ya sea el método de mínimos cuadrados (SAS, 1986) ó en su caso por ji cuadrada para comparaciones simples. Los modelos estadístico para cada grupo de variables se describe a continuación:

a) Modelo estadístico para las variables con covariable:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + M_j + P_k + AM_{ij} + AP_{ik} + MP_{jk} + V(L_{ijkl} - \bar{L}) + E(ijkl)$$

en donde:

Y_{ijkl} = es la respuesta de la variable dependiente de la *iésima* observación de la *iésima* dieta, con el *jésimo* amamantamiento y el *késimo* número de parto.

μ = es la media poblacional y es una constante.

A_i = es el efecto de la *iésima* dieta.

M_j = es el efecto del *jésimo* amamantamiento.

P_k = es el efecto del *késimo* número de parto.

AM_{ij} = es el efecto de la interacción de la *iésima* dieta con el *jésimo* amamantamiento.

AP_{ik} = es el efecto de la interacción de la *iésima* dieta con el *késimo* número de parto.

MP_{jk} = es el efecto de la interacción del *jésimo* amamantamiento con el *késimo* número de parto.

$V(L_{ijkl} - \bar{L})$ = es el efecto de la covariable en su forma lineal sobre la variable dependiente.

$E(ijkl)$ = es el efecto del error aleatorio.

A continuación se enlistan las variables dependientes con su correspondiente covariable.

1. El consumo diario de energía metabolizable:

-Durante la fase experimental.

-Durante lactación.

El valor que se usó como la covariable fue el consumo diario de energía metabolizable en las tres primeras semanas de lactación.

b) Modelo estadístico para las variables sin covariable:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + M_j + P_k + AM_{ij} + AP_{ik} + MP_{jk} + E(ijk)$$

en donde:

Y_{ijkl} = es la respuesta de la variable dependiente de la *lésima* observación de la *lésima* dieta, con el *jésimo* amamantamiento y el *késimo* número de parto.

μ = es la media poblacional y es una constante.

A_i = es el efecto de la *lésima* dieta.

M_j = es el efecto del *jésimo* amamantamiento.

P_k = es el efecto del *késimo* número de parto.

AM_{ij} = es el efecto de la interacción de la *lésima* dieta con el *jésimo* amamantamiento.

AP_{ik} = es el efecto de la interacción de la *lésima* dieta con el *késimo* número de parto.

MP_{jk} = es el efecto de la interacción del *jésimo* amamantamiento con el *késimo* número de parto.

$E(ijk)$ = es el efecto del error aleatorio.

A continuación se enlistan las variables dependientes a las que se aplicó este modelo

1. La proporción de la pérdida de peso:

-En la fase experimental.

-En lactación.

Para cumplir con los supuestos del análisis de varianza, el análisis de estas inferencias se hizo usando la transformación raíz cuadrada (raíz cuadra de $Y^{-1/2}$) para las dos variables analizadas (Steel y Torrie, 1985).

2. La reanudación de la actividad estral medida como el intervalo en horas:

-Del inicio del tratamiento al estro (ITE).

-Del destete al estro (IDE).

-De duración del estro (EST).

Para cumplir con los supuestos del análisis de varianza, el análisis de estas inferencias se hizo usando la transformación logarítmica (logaritmo de Y) para todas las variables (Steel y Torrie, 1985).

3. El número de lechones en la camada a la siguiente parición, expresado como:

-El número de lechones nacidos totales (LTPx).

-El número de lechones nacidos vivos (LVPx).

El porcentaje de:

-Momas (%MOM).

-Nacidos muertos (%MU).

Para cumplir con los supuestos del análisis de varianza, el análisis de estas inferencias se hizo usando la transformación raíz cuadrada (raíz cuadra de $Y+1/2$) para las variables LTPx, LVPx, %MOM, %MU (Steel y Torrie, 1985)

c) Se utilizó una prueba de ji cuadrada para analizar las siguientes variables:

-La proporción de estros antes y después del destete para las cerdas que recibieron amamantamiento restringido.

-La tasa de concepción

-La tasa de parición.

6.3. Experimento 2

Se usaron 20 cerdas Landrace multiparas asignándose totalmente al azar a los tratamientos. Tanto las cerdas como sus camadas estuvieron sujetas al manejo general y a los mismos tratamientos durante la cuarta semana de lactación, que para el experimento 1.

Todas las cerdas el día 17 de lactación fueron sometidas a anestesia general profunda con 1.5 mg/kg de peso corporal de Clorhidrato de Metomidato previa aplicación de 40 mg/20 kg de peso corporal de Azaperona como tranquilizante y para potencializar la anestesia (ambos de laboratorio Chinoin). Una vez constatado el estado de anestesia por la respuesta del reflejo palpebral se procedió con la cirugía para canular la vena yugular a la altura del tercio medio del cuello de acuerdo con la técnica descrita por Rodríguez (1990).

Una vez recuperadas de la anestesia y hasta la eliminación de la cánula, se realizó el siguiente manejo cada 12 horas:

- a) Aplicación de 2,000,000 UI de penicilina sódica en forma parenteral.
- b) Aplicación tópica de desinfectante en los puntos quirúrgicos, en los puntos de sujeción de la bolsa de protección para la cánula a la piel y en la salida de la cánula.
- c) Cambio de la solución anticoagulante de la cánula para mantener permeable la vía y que consistió en succionar el contenido de la cánula más 1 ml de sangre, introducir de 10 a 15 ml de solución salina fisiológica y finalmente restituir en un 95% el volumen de la cánula.

Procedimiento para la toma de muestras sanguíneas

Muestreo. Se realizó los días 24 (una vez ya establecido el tratamiento) y 28 (previo al inicio de la actividad estral durante la lactancia o cercano al destete dependiendo el manejo lactacional al que estuvieran sometidas) de lactación, en forma intensa, iniciando a partir de las 06:30 horas, con una toma cada 15 minutos en forma ininterrumpida hasta las 18:30 horas en que finalizó; en cualquiera de los días de muestreo las dos primeras muestras se tomaron en el período previo a la alimentación (las de las 06:30 y 06:45), la muestra de las 07:00 al momento de ofrecer el alimento y durante los restantes muestreos se permitió el consumo *ad libitum* por el resto del día.

Procedimiento de muestreo. Se utilizó el descrito por Rodríguez (1990) y consistió en los siguientes pasos:

- Liberación de la cánula de la bolsa protectora.
- Succión de la solución anticoagulante más 1 a 3 ml de sangre.
- Succión de la muestra de 10 ml de sangre y vaciado al tubo para centrifuga.
- Aplicación por la cánula de 15 a 20 ml de solución salina fisiológica.
- Llenado con solución anticoagulante el 95 % del volumen total de la cánula.
- Guardar la cánula nuevamente en la bolsa de protección.

Obtención de plasma sanguíneo y conservación de muestras. Las muestras fueron mantenidas en refrigeración desde que se tomaron hasta las 19:00 h., momento en que se centrifugaron a 3500 rpm durante 5 minutos, se colectó el plasma sanguíneo con una pipeta Pasteur para cada muestra y se depositó en los viales pareados correspondientes, se guardaron en estuches de plástico y se metieron a congelación a -4°C por 24 horas, se revisaron para asegurar que todas estuvieran congeladas y a las 24 horas se pasaron a congelación entre -10°C y -15°C hasta su procesamiento en el laboratorio de Radioinmunoanálisis

Ensayos de Radioinmunoanálisis en laboratorio. Se utilizaron reactivos comerciales (Coat-A-Count laboratorio DPC) para la prueba de Radioinmunoensayo en fase sólida con yodo-125 para la determinación de Insulina sérica. El principio del procedimiento es la competencia entre la insulina marcada con Iodo-125 con la insulina de las muestras problema por los sitios específicos para insulina de los anticuerpos inmovilizados en la pared de los tubos de polipropileno. Después de la incubación, la separación de la fracción unida a los anticuerpos se realiza simplemente por decantación del sobrenadante. Los tubos secos se meten a un contador gama, donde la cuenta esta relacionada inversamente con la cantidad de insulina presente en las muestras problema. El contador gama que se usó para la lectura estaba equipado con una computadora que obtenía la curva estándar de los controles y hacía la comparación de las muestras con la curva estándar y presentaba los resultados en forma de concentración de insulina presente en las muestras. En 21 ensayos con dos replicas por ensayo, la concentración promedio del control de calidad alto fue de $120 \pm 9.5 \mu\text{UI/mL}$ de Insulina y el coeficiente de variación intraensayo e interensayo fue de 5.8% y 7.9% respectivamente. Mientras que la concentración promedio del control de calidad bajo fue de $13 \pm 2.7 \mu\text{UI/mL}$ de Insulina y el coeficiente de variación intraensayo e interensayo fue de 8.9% y 12.5%.

Análisis de datos. Con las concentraciones de insulina se construyeron dos áreas bajo la curva para cada día de muestreo de la siguiente forma:

Periodo de ayuno.- Fue el área bajo la curva construida con las concentraciones de las muestras obtenidas en el periodo previo a que se sirviera el alimento (06:30, 06:45 y 07:00)

Periodo de alimentación.- Fue el área bajo la curva construida con las concentraciones de las muestras obtenidas desde que se ofreció el alimento hasta el final del muestreo (07:00 a las 18:30) El área bajo la curva se obtuvo por el método segmental (Tokach et al., 1992b) que consistió en sumar las áreas individuales formadas entre dos periodos de muestreo considerando la concentración de cada muestreo como la altura y como base una unidad, que fue la separación de cada 15 minutos.

Diseño Experimental. Se usó un diseño de parcelas divididas para analizar medidas repetidas

(Gill y Hafs, 1971), donde la parcela principal fue el animal y la subparcela el día de muestreo. Los tratamientos fueron las interacciones entre el tipo de dieta (sorgo-soya=S ó 35% de melaza=Mz) y el tipo de amamantamiento (a libertad=L ó restringido=R), que quedaron de la siguiente forma:

- 1) S-L
- 2) S-R
- 3) Mz-L
- 4) Mz-R

Las variables de respuesta fueron:

1. El área bajo la curva en el periodo de ayuno
- 2.- El área bajo la curva en el periodo de alimentación

Análisis estadístico. Se usó como covariable el consumo total de alimento para cada día de muestreo, los datos fueron analizados empleando el método de cuadrados mínimos (SAS, 1986) y para probar diferencias entre las medias del tipo de dieta o de amamantamiento se usaron contrastes ortogonales. El modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + E(ij) + D_k + TD_{ik} + V(L_{ijk} - \bar{L}) + e(ijk)$$

en donde:

Y_{ijk} = es la respuesta de la variable dependiente de la *i*ésima observación del *i*ésimo tratamiento, en la *j*ésima cerda y el *k*ésimo día de muestreo.

μ = es la media poblacional y es una constante.

T_i = es el efecto del *i*ésimo tratamiento.

$E(ij)$ = es el efecto de la *j*ésima cerda que se le dió el *i*ésimo tratamiento y que se usó para probar el efecto del *i*ésimo tratamiento.

D_k = es el efecto del *k*ésimo día de muestreo.

TD_{ik} = es el efecto del *i*ésimo tratamiento en el *k*ésimo día de muestreo.

$V(L_{ijk} - \bar{L})$ = es el consumo de alimento de la *j*ésima cerda asignada al *i*ésimo tratamiento en el *k*ésimo día de muestreo.

$e(ijk)$ = es el efecto del error aleatorio.

7. Resultados

Las variables analizadas en el presente trabajo se presentan en los cuadros de resultados con las medias y su error estándar, solo se muestran las interacciones cuando se encontraron los efectos ($P < .10$); para el caso de los efectos mayores se consideraron el tipo de alimento, el tipo de amamantamiento, el número de parto en el primer experimento y el día de muestreo en lugar del número de parto para el segundo experimento. Aparecen los resultados de todas las variables, aún en los casos que no se encontraron diferencias ($P > .10$). La organización de los resultados, no así la discusión, se hizo por tratamiento. Para el Experimento 1, en primer lugar están las variables que explican las condiciones de las cerdas, como fue la pérdida de peso y el consumo de energía metabolizable; después aparecen las variables de mayor interés que fueron la reanudación de la actividad estral, la tasa de gestación y el número de lechones en la camada a la siguiente parición. Finalmente están los resultados del segundo experimento que también son integrados al final de la discusión del trabajo. Los efectos mayores para las diferentes variables están en los cuadros 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8; las interacciones están representadas en las gráficas 1, 2, 3, 4 y 5.

7.1. Pérdida de Peso de las Cerdas

No se presentaron diferencias en la pérdida de peso de las cerdas durante la fase experimental (cuarta semana de lactación), o durante toda la lactación (cuadro 2), tampoco hubo diferencias entre los tratamientos cuando fue considerada la pérdida de peso como porcentaje del peso corporal en cualquiera de los dos rangos descritos, donde el porcentaje de la pérdida de peso durante la lactación o durante la fase experimental no fue superior al 6.5% y 3.5% respectivamente.

7.2. Consumo diario de Energía Metabolizable. Fue significativa la diferencia para los efectos mayores del tipo de alimento ($P < .05$) y de amamantamiento ($P < .01$) y para la interacción amamantamiento-número de parto ($P < .05$), tanto para la ingestión de energía metabolizable (EM) durante el tratamiento, como en toda la lactación (cuadro 3), donde el consumo de la dieta con

Cuadro 2. Efecto del tipo de alimento, el tipo de amamantamiento y del número de parto sobre la pérdida de peso de las cerdas^a

	Tipo de alimento	
	sorgo-soya	35% de melaza
Peso corporal después del parto ^b , kg	178 ± 28	173 ± 24
Perdida de peso de la cerda durante: El periodo experimental ^c , kg.	3.49 ± 0.87	2.85 ± 0.88
Lactación ^d , kg.	7.64 ± 1.67	7.32 ± 1.67
	Tipo de amamantamiento	
	a libertad	restringido
Peso corporal después del parto ^b , kg	174 ± 25	177 ± 27
Perdida de peso de la cerda durante: El periodo experimental ^c , kg.	2.15 ± 0.67	4.19 ± 0.88
Lactación ^d , kg.	7.53 ± 1.06	7.43 ± 1.68
	Número de parto	
	primero	segundo a séptimo
Peso corporal después del parto ^b , kg	160 ± 20	186 ± 24
Perdida de peso de la cerda durante: El periodo experimental ^c , kg.	3.73 ± 0.96	2.61 ± 0.77
Lactación ^d , kg.	9.58 ± 1.83	5.36 ± 1.48

^a Medias de mínimos cuadrados ± error estándar de la media.

^b Inicio el día 22 de lactación.

^c Fue del día 22 de lactación al día del destete.

^d Fue del día 1 posparto al destete. (con duración de 4 semanas).

35% de melaza (Mz) disminuyó el consumo de EM en 1.79 y 0.75 Mcal/día; el amamantamiento restringido lo hizo en 2.99 y 0.77 Mcal/día durante el tratamiento o la lactación respectivamente.

Para la interacción amamantamiento-número de parto, las cerdas primíparas que tuvieron amamantamiento restringido consumieron 3.22 y 0.920 Mcal/día menos que el promedio general de EM durante el tratamiento o la lactación respectivamente, y el consumo de EM no fue diferente entre las cerdas de los demás tratamientos (gráfica 1). El consumo de EM en las primeras 3 semanas de lactación se usó como covariable y fue significativo ($P < .01$).

7.3. Reanudación de la Actividad Estral. El tipo de alimento no afectó ninguna de las variables (cuadro 4). Ni hubo diferencias en la tasa de gestación o parición por efecto de cualquiera de los tratamientos (cuadros 4 y 5).

El tipo de amamantamiento afectó todas las variables en estudio que evalúan la reanudación de la actividad estral ($P < .01$ y $P < .05$). Donde, el separar a la camada por 10 horas diarias (amamantamiento restringido) permitió disminuir 108 horas (4.5 días) el intervalo del inicio del tratamiento a la presentación del estro; 81 horas (3.4 días) el intervalo de destete a estro y 8 horas la duración del estro (cuadro 4).

Hubo diferencias para el número de parto, las cerdas primíparas tuvieron un intervalo del destete al estro mayor en 29 horas ($P < .05$); un intervalo de tratamiento a estro 28 horas mayor ($P < .10$) y un estro que duró 6.5 horas ($P < .10$) menos que en las multiparas respectivamente (cuadro 4).

Se encontró un efecto ($P < .10$) en la interacción del número de parto ya sea con el tipo de alimento o con el tipo de amamantamiento sobre el intervalo del inicio de tratamiento a estro, en donde las cerdas multiparas que se alimentaron con la dieta testigo (sorgo-soya), tuvieron un intervalo de tratamiento a estro 35 horas menor que el promedio para todas las cerdas, y para la interacción del número de parto con el tipo de manejo en lactación, el restringir el amamantamiento disminuyó este intervalo por abajo del promedio general o por abajo del promedio de las cerdas con amamantamiento continuo de la camada. Ya que las cerdas con

Cuadro 3. Efecto del tipo de alimento, del tipo de amamantamiento y del número de parto sobre el consumo de energía metabolizable en las cerdas^a

	Tipo de alimento	
	sorgo-soya	35% de melaza
Consumo de energía metabolizable, Mcal/día		
En el periodo experimental ^b *	17.98 ± .60	16.19 ± .60
En lactación ^c **	16.16 ± .17	17.61 ± .17

	Tipo de amamantamiento	
	a libertad	restringido
Consumo de energía metabolizable, Mcal/día		
En el periodo experimental ^b **	16.58 ± .60	15.59 ± .60
En lactación ^c **	16.28 ± .17	17.51 ± .17

	Número de parto	
	primero	segundo a séptimo
Consumo de energía metabolizable, Mcal/día		
En el periodo experimental ^b	16.35 ± .76	17.82 ± .58
En lactación ^c	17.67 ± .22	16.11 ± .17

^a Medias de mínimos cuadrados ± error estándar de la media

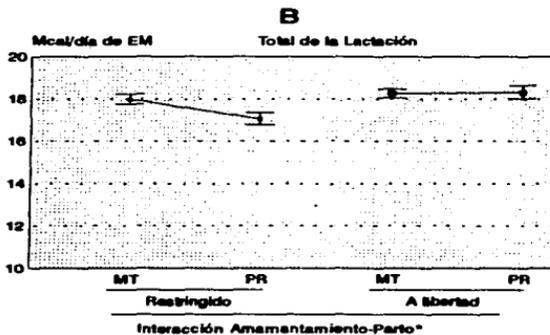
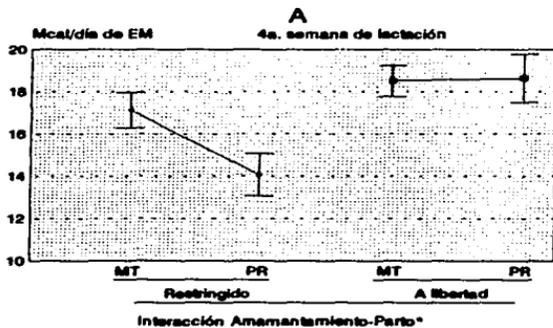
^b Fue del día 22 de lactación al día del destete

^c Fue del día 1 posparto al destete. (con duración de 4 semanas)

* P < .05

** P < .01

GRAFICA 1. Interacción entre el tipo de amamentamiento y el número de parto sobre el consumo de energía metabolizable en las cerdas



PR) Cerdas de primer parto

MT) Cerdas de 2 a 7 partos

* Interacción, $P < .05$

amamantamiento restringido tuvieron un intervalo de tratamiento a estro menor en 20 horas para las primíparas y en 87 horas para las multiparas, que el promedio general (gráfica 2).

No hubo diferencias en el porcentaje de cerdas que presentaron estro antes y después del destete, por efecto del tipo de alimento o del número de parto, pero sí hubo mayor cantidad de cerdas multiparas que primíparas que entraron en estro antes del destete cuando se dio la dieta control, pero con la dieta con 35% de melaza no hubo diferencias (cuadro 5), y ninguno de los tratamientos afectó la tasa de concepción o de parición (cuadro 6).

7.4. Prolificidad a la Siguiente Partición. El tipo de alimento, el tipo de amamantamiento o el número de parto como efectos mayores no fueron diferentes ($P > .10$) para el número de lechones nacidos totales o nacidos vivos en la siguiente parición (cuadro 7). Sin embargo sí hubo interacción entre el tipo de alimento con el tipo de amamantamiento para los lechones nacidos totales y nacidos vivos ($P < .01$), donde la combinación del amamantamiento restringido con la dieta con 35% de melaza tuvieron los mayores valores, superando a la combinación del mismo tipo de amamantamiento con la dieta sorgo-soya o la dieta con 35% melaza y amamantamiento a libertad ($P < .05$) en 1.8 y 2.2 lechones nacidos vivos o en 2.5 y 2.3 lechones nacidos totales, respectivamente; pero no fue diferente estadísticamente la combinación del amamantamiento a libertad con la dieta sorgo-soya ($P > .10$) a pesar de ser mayor en .8 y 1.1 lechones nacidos vivos y totales, respectivamente (gráfica 3).

7.5. Área Bajo la Curva de Insulina. En el segundo experimento cuando se evaluó el área bajo la curva para la concentración de insulina en el periodo de ayuno (6:30, 6:45 y 7:00), no se encontraron diferencias entre los tratamientos, entre los días de muestreo o el tipo de tratamiento en el día de muestreo (cuadro 8).

Con relación a la concentración de insulina durante el periodo de alimentación, evaluada como el área bajo la curva que se construyó con las muestras recolectadas después del ofrecimiento inicial de alimento (7:00 a las 18:30). Hubo diferencias entre las medias del tipo de alimento ($P < .05$) y entre las medias del tipo de amamantamiento o del día de muestreo ($P < .10$),

Cuadro 4. Efecto del tipo de alimento, el tipo de amamentamiento y del número de parto sobre la reanudación de la actividad estral en las cerdas*

Intervalo de:	Tipo de alimento	
	sorgo-soya	35% de melaza
Tratamiento a estro ^b , h (d)	281(12) ± 17	289 (12) ± 18
Destete a estro ^b , h (d)	81(3.4) ± 16	83 (3.4) ± 16
Duración del estro, h	40 ± 3	45 ± 3

Intervalo de:	Tipo de amamentamiento	
	a libertad	restringido
Tratamiento a estro ^b , h (d) **	339 (14.1) ± 17	231 (9.6) ± 18
Destete a estro ^b , h (d) **	122 (5.1) ± 15.6	41 (1.7) ± 16
Duración del estro, h *	47 ± 3	39 ± 3

Intervalo de:	Número de parto	
	primero	segundo a séptimo
Tratamiento a estro ^b , h (d)†	299 (12.5) ± 19	271 (11.3) ± 15
Destete a estro ^b , h (d) *	96 (4) ± 17	67 (2.8) ± 14
Duración del estro, h †	40 ± 3	46 ± 2.4

* Medias de mínimos cuadrados ± error estándar de la media

† El inicio del estro fue la hora de la primera aceptación del verraco

† P < .10

* P < .05

** P < .01

Cuadro 5. Efecto del tipo de alimento, del amamantamiento y del número de parto sobre la tasa de concepción y parición en las cerdas

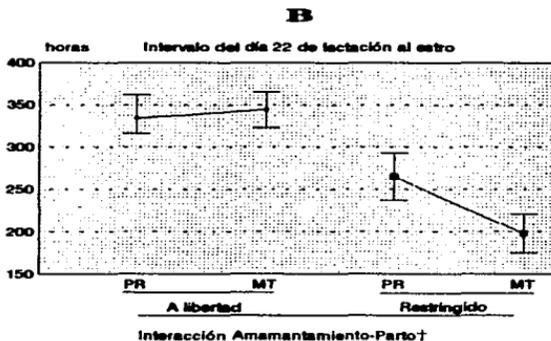
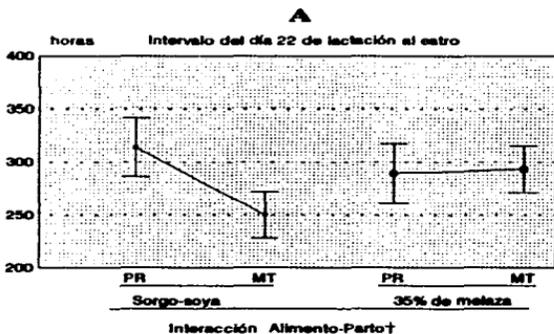
Tasa de:	Tipo de alimento			
	sorgo-soya		35% de melaza	
Concepción, % (cab *)	82.00	(36/44)	86.00	(37/43)
Parición, % (cab *)	81.00	(34/42)	83.00	(34/41)

Tasa de:	Tipo de amamantamiento			
	a libertad		restringido	
Concepción, % (cab *)	84.40	(35/45)	83.30	(35/42)
Parición, % (cab *)	84.10	(37/44)	79.50	(31/39)

Tasa de:	Número de parto			
	primero		segundo a séptimo	
Concepción, % (cab *)	76.50	(26/34)	88.70	(44/53)
Parición, % (cab *)	76.50	(26/34)	85.70	(42/49)

* Los números entre paréntesis son: el número de cerdas gestadas o paridas según sea el caso entre las expuestas al tratamiento. Por causas ajenas a los tratamientos se desecharon antes del parto a cuatro cerdas multiparas gestantes (1 de S-L, 1 de S-R y 2 de M-R), y solo se consideraron para la tasa de gestación.

Gráfica 2. Interacción entre la dieta o el amamantamiento con el número de parto durante el período de experimentación sobre el intervalo del día 22 de lactación al estro en las cerdas



PR) Cerdas de primer parto

MT) Cerdas de 2 a 7 partos

† Interacción, $P < .10$

Cuadro 6. Efecto del tipo de alimento y del número de parto sobre la presentación de estros antes y después del destete con amamantamiento restringido de la camada

	Tipo de alimento			
	sorgo-soya		35% de melaza	
Cerdas en estro ^a				
Antes del destete, % (cab ^b)	67	(14/21)	43	(9/21)
Después del destete, % (cab ^b)	33	(7/21)	57	(12/21)

	Número de parto			
	primero		segundo a séptimo	
Cerdas en estro ^a				
Antes del destete, % (cab ^b)	41	(7/17)	64	(16/25)
Después del destete, % (cab ^b)	59	(10/17)	36	(9/25)

	sorgo-soya				35% de melaza			
	primero		segundo a séptimo		primero		segundo a séptimo	
Cerdas en estro ^a								
Antes del destete, % (cab ^b)	40 ^c	(4/10)	91 ^d	(10/11)	43	(3/7)	43	(8/14)
Después del destete, % (cab ^b)	60 ^c	(6/10)	9 ^d	(1/11)	57	(4/7)	57	(8/14)

^aEs el número de cerdas en estro entre el total del grupo

^bEl inicio del estro fue la hora de la primera aceptación del verraco

^{c,d} $P < .05$

Cuadro 7. Efecto del tipo de alimento, el tipo de amamantamiento y del número de parto sobre el número de lechones a la siguiente parición en las cerdas^a

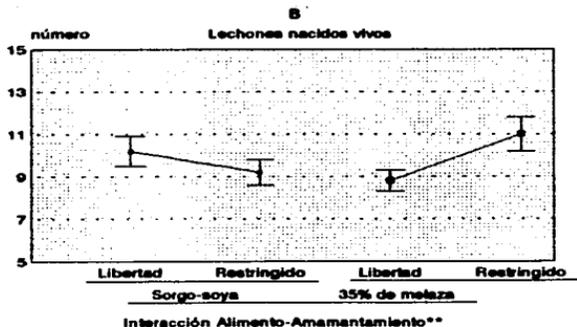
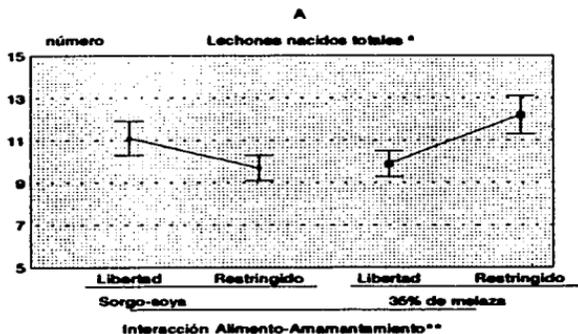
	Tipo de alimento	
	soyo-soya	35% de melaza
Número de lechones nacidos:		
Totales	10.4 ± .5	11.1 ± .5
Vivos	9.7 ± .4	9.9 ± .5

	Tipo de amamantamiento	
	a libertad	restringido
Número de lechones nacidos:		
Totales	10.5 ± .5	10.9 ± .6
Vivos	9.5 ± .4	10.1 ± .5

	Número de parto	
	primero	segundo a séptimo
Número de lechones nacidos:		
Totales	10.5 ± .6	11.0 ± .4
Vivos	9.7 ± .5	10.0 ± .4

^a Medias de mínimos cuadrados ± error estándar de la media

Gráfica 3. Interacción entre el tipo de alimento y el de amamantamiento sobre el número de lechones paridos por las cerdas después del tratamiento



** Interacciones ($P < 0.01$).

* Los lechones totales es la suma de los nacidos vivos, más los nacidos muertos, más los nacidos gemelos.

además también hubo diferencia entre las medias de la interacción alimento-amamantamiento ($P < .05$; gráfica 4), pero no de la interacción de los tratamientos en el día de muestreo, en donde a pesar que las diferencias entre las medias fueron grandes las varianzas también lo fueron (gráfica 5). En estos resultados se observó que la dieta con 35% de melaza produjo una área bajo la curva mayor en $593 \mu\text{UI}/11.5 \text{ h}$ que la dieta control (cuadro 8). Y por efecto del amamantamiento restringido el área bajo la curva fue menor en $468 \mu\text{UI}/11.5 \text{ h}$ que el amamantamiento a libertad. Por efecto del día de tratamiento en el área bajo la curva, el día 3 fue mayor que el día 7 en $292 \mu\text{UI}/11.5 \text{ h}$ (cuadro 8). Para la interacción de los tratamientos, el amamantamiento restringido indujo una disminución en el área bajo la curva de $428 \mu\text{UI}/11.5 \text{ h}$ en las cerdas de la dieta control, pero no en las cerdas de la dieta con 35% de melaza (gráfica 4). Sin embargo, el área bajo la curva de la interacción del amamantamiento con el alimento en el día del tratamiento no fue significativa, por la gran variación entre individuos (gráfica 5). El consumo de energía metabolizable del día de muestreo que se usó como covariable fue significativo ($P < .01$).

Cuadro 8. Efecto del tipo de alimento, el tipo de amamantamiento y del día de tratamiento sobre el área bajo la curva de insulina en las cerdas^a

	Tipo de alimento	
	soyo-soya	35% de melaza
Área bajo la curva de insulina en:		
El período de ayuno, μUI	16.00 \pm 3.00	21.00 \pm 4.00
El período de alimentación, μUI *	773.00 \pm 90	1366.00 \pm 182

	Tipo de amamantamiento	
	a libertad	restringido
Área bajo la curva de insulina en:		
El período de ayuno, μUI	15.00 \pm 2.00	22.00 \pm 5.00
El período de alimentación, μUI [†]	1304.00 \pm 192	636.00 \pm 69

	Día de muestreo ^b	
	tercero	séptimo
Área bajo la curva de insulina en:		
El período de ayuno, μUI	19.00 \pm 4.00	18.00 \pm 4.00
El período de alimentación, μUI [†]	1216.00 \pm 116	924.00 \pm 116

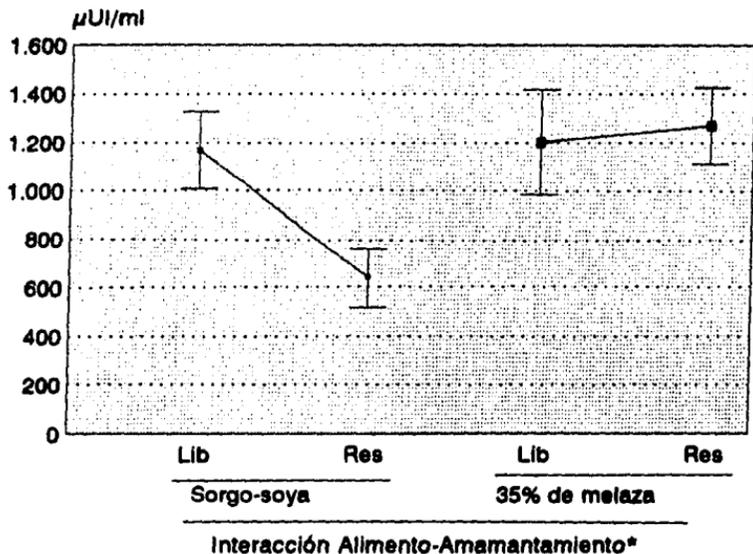
^a Medias de cuadrados mínimos \pm error estándar de la media

^b El día 22 de lactación fue el día 1 de tratamiento

[†] $P < .10$

* $P < .05$

Gráfica 4. Area bajo la curva de Insulina plasmática:
 Interacción del tipo de alimento con el tipo de amamantamiento en
 las cerdas

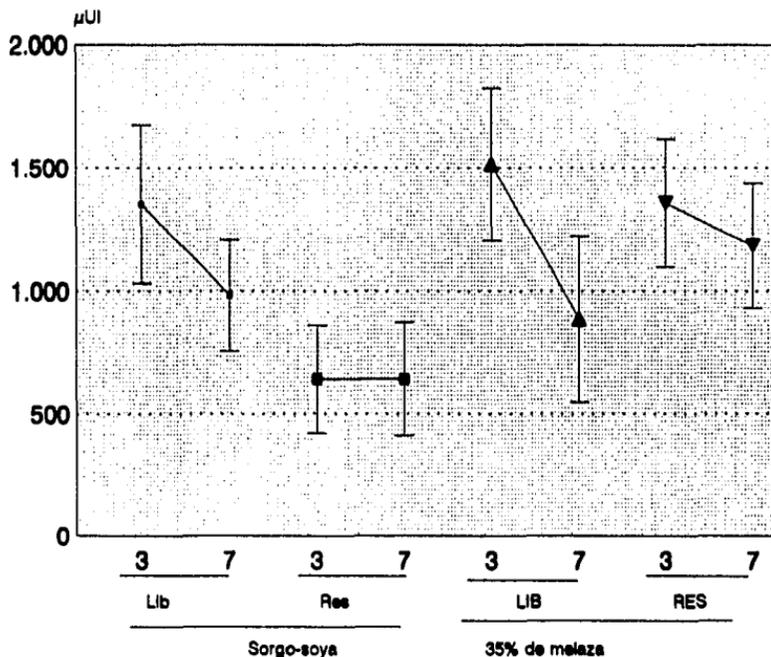


Lib) Amamantamiento a libertad (sin separación de la camada).

Res) Amamantamiento restringido (con periodos diarios de separación de la camada de 10 h)

* Interacción, $P < .05$

Gráfica 5. Interacción de la dieta con dos tipos de amamantamiento sobre el área bajo la curva de Insulina en diferentes días de tratamiento *



Lib) Amamantamiento a libertad (sin separación de la camada)

Res) Amamantamiento restringido (con periodos diarios de separación de la camada de 10 h)

*El area bajo la curva se construyó con los muestreos tomados cada 15 minutos por 11.5 horas continuas, el alimento se ofreció a las 7:00 hs. (Hora 0) y se mantuvo a libertad. Los tratamientos se iniciaron el día 22 de lactación (día 1 de tratamiento)

8. Discusión

8.1. Pérdida de Peso Corporal. En el presente estudio no se encontraron diferencias en el cambio de peso de las cerdas atribuibles a los tratamientos o al número de parto. Con relación al número de parto las cerdas en su primera lactancia tuvieron pérdidas similares en peso corporal con respecto a las cerdas de 2 a 4 partos, lo que coincide con las observaciones de Yang et al. (1989).

Cuando se presenta pérdida de peso durante la lactación se afectan otros parámetros, Einarsson y Rojkittikhun (1993) mencionan que en las cerdas que pierden cantidades excesivas de peso corporal se retarda la presentación del estro después del destete y aumenta la incidencia de anestros. También Rojkittikhun et al. (1993b) encontraron diferencias en las concentraciones hormonales de las cerdas destetadas que pierden más de 25 kg durante la lactación. Sternig et al. (1990) observaron que cuando la pérdida de peso en lactación es mayor del 7.5% del peso corporal inicial, se incrementa el intervalo de destete a estro en comparación con las de pérdidas de peso menores. No obstante que en el presente trabajo, las cerdas perdieron peso en cualquiera de los tratamientos (cuadro 2), esta pérdida de peso o el porcentaje de pérdida de peso, es menor de lo reportado por la literatura para que afecte los parámetros reproductivos o productivos (Einarsson y Rojkittikhun, 1993). Ya que la pérdida de peso promedio de las cerdas y el porcentaje de pérdida de peso fueron menores a los 10 kilogramos y 6.5% respectivamente, donde las cerdas primiparas presentaron los valores más bajos pero no diferentes de las multiparas.

En la literatura se menciona que la adición de altas cantidades de melaza en la dieta de cerdas en lactación no altera el cambio de peso que sufre la ceda durante esta etapa. Los resultados del presente trabajo coinciden con Oliva (1990) y Beltrán et al. (1992), en donde las cerdas que fueron alimentadas durante lactación con grandes cantidades de melaza en la dieta pierden peso, pero este no es diferente de las otras dietas que probaron. Además Barrios et al. (1987) tampoco encontraron diferencia en el peso de las cerdas cuando usaron miel rica de caña de azúcar y levadura torula como única fuente de alimento en lactación. Posteriormente Barrios et al. (1990) utilizando miel rica de caña de azúcar como única fuente energética durante la

lactación más pasta de soya como fuente proteica y después de ser utilizada esta dieta por tres lactaciones consecutivas, tampoco presentó diferencias con el cambio de peso de las cerdas ($P < .10$).

Para el amamantamiento restringido no hay evidencias de cambios desfavorables en el peso de las cerdas durante la lactación (Thompson et al., 1981; Stevenson y Davis, 1984), ni aún cuando se realizó en diferentes periodos de lactación. Al respecto Newton et al. (1987a), compararon la separación de la camada 8 días antes del destete total, que fue a los 19 o 31 días después del parto y no encontraron efecto sobre el cambio de peso de las cerdas.

8.2. Consumo de Energía Metabolizable. Con respecto a la inclusión de melaza en la dieta no hay en la literatura datos de diferencias por su inclusión en grandes cantidades en la alimentación de cerdas en lactación (Barrios et al. 1990; Oliva, 1990; Beltrán, et al., 1992). Sin embargo, se han observado diferencias en el consumo de energía metabolizable en las primeras tres semanas de lactación debido principalmente al consumo durante la gestación previa (Einarsson y Rojkittikhun, 1993), y en este trabajo al ajustar el consumo durante tratamiento con respecto al consumo previo se encontró una diferencia del tipo de dieta experimental sobre el consumo de EM en la cuarta semana o de toda la lactación ($P < .05$) que se presenta en el cuadro 3. Sin embargo a pesar de ser menor el consumo para la dieta con 35% de melaza que para la dieta control (sorgo-soya), fue cercano al consumo recomendado por NRC (1988) para cerdas en lactación, y por otro lado no se presentó un efecto negativo de la dieta con 35% de melaza sobre el peso de las cerdas; tampoco hubo diferencias en los parámetros reproductivos, esto probablemente debido a que fue un periodo de tiempo reducido y la utilización de reservas corporales para cubrir la deficiencia no afectó el cambio de peso o la condición corporal de las cerdas (ver cuadro 2).

En el presente trabajo las cerdas primiparas disminuyeron el consumo de energía por efecto del amamantamiento restringido. Sin embargo, esta respuesta a la separación de la camada puede estar relacionada con la madurez y adaptabilidad del estado fisiológico de las cerdas. En las cerdas maduras la demanda de aportes para el crecimiento y el desarrollo orgánico no es sustancial, y por tanto hay un metabolismo más estable (Einarsson y Rojkittikhun, 1993). En estos resultados las cerdas multiparas que fueron sometidas al amamantamiento restringido no tuvieron

prácticamente cambios entre los consumos promedio diarios de la lactancia o la cuarta semana posparto, mientras que en las cerdas primíparas, fue drástica la disminución del consumo cuando se asoció con el amamantamiento restringido; pero las cerdas primíparas que continuaron amamantando libremente a su camada no difieren de las multiparas con el mismo tipo de manejo (gráfica 1A).

Durante la cuarta semana de lactación en condiciones de amamantamiento normal tiende a incrementarse el consumo con relación a las semanas previas y el balance energético de la cerda mejora, consumiendo por lo regular lo suficiente para cubrir sus necesidades de mantenimiento y de producción (Stahly et al., 1979; Noblet et al., 1990); en el presente trabajo las cerdas de los diferentes tratamientos tuvieron consumos similares a los recomendados por el NRC (1988) a excepción de las cerdas primíparas de amamantamiento restringido que disminuyeron su consumo (gráfica 1), otros autores también han encontrado disminución en el consumo de alimento por efecto de la separación de la camada (Newton et al., 1987a) o por el solo agrupamiento de la cerda y su camada en corrales colectivos (Rowlinson y Bryant, 1982), pero en ninguno de ellos hacen referencia al consumo de alimento entre primíparas y multiparas. Por lo tanto, esta disminución en el consumo de alimento es difícil explicarlo sin mencionar lo que representa para la cerda la presencia del lechón no solamente por el instinto materno, el cual se manifiesta principalmente por la frecuencia de amamantamiento y el grado de interacción con la camada, sino por el alivio que proporciona a la glándula mamaria la frecuencia de amamantamiento, de esta forma, la separación de la camada por periodos prolongados, como en este caso que fue de más de 10 horas, pudo haber afectado el consumo voluntario más drásticamente a las cerdas de primer parto que a las multiparas. En este experimento en las cerdas con amamantamiento restringido se observó un menor consumo de alimento (sin haberse cuantificado) sólo durante el periodo de separación de la camada y el consumo prácticamente se realizó en la maternidad después de haber dado de mamar a su camada, y una menor frecuencia de alimentación pone en desventaja a las cerdas primíparas por su menor capacidad de ingesta (Cox et al., 1983; King y Williams, 1984a,b), además es posible que la presión en la glándula mamaria o bien el desceo de las cerdas primíparas de regresar con la camada sea mayor que en las multiparas, y afecte su comportamiento de consumo voluntario. Además el mantenimiento de la interacción de la cerda con la camada, es el

efecto principal para bloquear la reanudación de la actividad estrol, y en este experimento el intervalo de tratamiento a estro fue mayor para las cerdas primíparas que para las múltíparas con amamantamiento restringido (gráfica 2b) y menos cerdas primíparas entraron en estro antes del destete con la dieta control (cuadro 5).

En conjunto son indicios de que el anestro lactacional en las cerdas primíparas es más fuerte que en las múltíparas y varios autores han señalado que la principal señal aferente para inhibir el estro posparto en cerdas son los estímulos que por diferentes vías ejercen los lechones. De esta forma la sensibilidad de las cerdas primíparas a cambios en el manejo durante lactación puede ser mayor y reflejarse en la pérdida de apetito o alteraciones en la frecuencia de alimentación, sin embargo podrían estar participando otros factores, principalmente los relacionados con los consumos en etapas previas, que no fueron considerados en este trabajo. Einarsson y Rojkitikhun (1993), en una revisión del cambio de peso corporal de la cerda concluyen que puede existir una diferencia individual en el metabolismo energético entre cerdas igualmente alimentadas y con el mismo desarrollo durante lactación, por otra parte Newton y Mahan (1993), mencionan que una reducción en el consumo de alimento en lactación de cerdas primíparas puede ser el reflejo del peso al que se sirvieron previamente y este efecto disminuye conforme transcurren las primeras tres lactaciones.

Finalmente el menor consumo de alimento de las cerdas cuando se realizó el amamantamiento restringido solo afectó a las primíparas y el menor consumo pudo haber afectado el retraso en la presentación de la actividad estrol, sin afectar el peso de las cerdas.

8.3. Reanudación de la Actividad Estrol Las variables analizadas en este estudio fueron afectadas principalmente por el amamantamiento restringido e interactuaron con el número de parto de las cerdas sólo en algunas ocasiones.

El efecto de restringir el amamantamiento sobre el intervalo de tratamiento a estro, de destete a estro; de la tasa de concepción y parición, así como el porcentaje de cerdas en estro fueron similares a los encontrados en la literatura (Duggan et al., 1982; Rowlinson y Bryant, 1982; Newton et al., 1987a) donde también hay una reducción en los mismos parámetros cuando indujeron estro lactacional. No obstante que en el presente trabajo no se detectaron estros antes

del destete a las cerdas que permanecieron en forma continua con su camada, en estudios previos no han conseguido inducir el estro lactacional con solo la presencia del verraco durante la cuarta semana de lactación (Thompson et al., 1981; Newton et al., 1987a). Además Newton et al. (1987b), al evaluar los cambios hormonales de cerdas limitando el amamantamiento o no y con la presencia del semental o no, observaron que la presencia del semental desde el día 20 de lactación hasta antes del destete con amamantamiento continuo de la camada, no produjo cambios en la concentración de FSH, LH, 17 β estradiol o progesterona antes del destete que sugirieran ovulaciones durante la lactación. En el presente trabajo no se puede asegurar la ausencia de estros en las cerdas con lactación continua de la camada ya que no se detectaron en las maternidades. Sin embargo, el intervalo de destete a estro para las cerdas con amamantamiento a libertad (cuadro 4) y la manifestación de estro en todas las cerdas de este tratamiento antes de los 10 días postdestete, sugieren que el estro manifestado después del destete fue el primero una vez iniciada la fase experimental, por lo que se considero para el calculo de los intervalos de tratamiento a estro y de destete a estro.

En trabajos anteriores se ha demostrado que el amamantamiento restringido por periodos de separación de la camada mayores de 6 horas permite la presentación del estro lactacional en más del 50% de las cerdas (Guthrie et al., 1978; Duggan et al., 1982; Newton et al., 1987a) y existe un efecto del número de parto, presentando estro lactacional en mayor porcentaje las cerdas multiparas que las primiparas (Stevenson y Davis, 1984; Newton et al., 1987a), al igual que lo encontrado en este trabajo para la dieta control, donde las cerdas con amamantamiento restringido que presentaron estro en lactancia fueron más las multiparas que las primiparas (cuadro 5), y en consecuencia el intervalo de tratamiento a estro fue mayor para las primiparas (gráfica 2a) Sin embargo, a las cerdas que se les proporcionó la dieta con 35% de melaza, tuvieron iguales porcentajes de estros lactacionales entre primiparas y multiparas (cuadro 5),

A pesar que con la dieta control (sorgo-soya) fue menor el intervalo a estro para las cerdas multiparas (gráfica 2a), con la dieta con 35% de melaza no se presentaron diferencias entre el número de parto y tampoco se observaron diferencias en esta variable cuando se usó la melaza como parte de la dieta (Oliva, 1992; Beltrán et al., 1992) o como única fuente energética (Barrios et al. 1990) durante una lactación continua de la camada. Así que la diferencia que se presenta

entre las cerdas de la dieta control al parecer se debe a la presentación de los estros lactacionales, ya que más cerdas multiparas entraron en estro antes del destete que primiparas (cuadro 3c), por lo tanto, parece ser que la melaza permite una respuesta más estable entre cerdas de diferente número de parto cuando se someten a amamantamiento restringido.

8.4. Intervalo del Destete al Estro. El realizar el amamantamiento restringido permitió disminuir 3.37 días el intervalo destete estro (IDE), que es comparable a lo encontrado previamente. Neves et al. (1989) cuando separaron la camada de su madre desde los 15 hasta los 28 días después del parto encontraron un intervalo de destete a estro de -0.7 ± 2.8 contra 5.5 ± 1.7 días con respecto a las que tuvieron amamantamiento a libertad y sugieren que el amamantamiento controlado disminuye la intensidad de succión, y es posible el retorno a estro cerca del destete de mayor cantidad de cerdas o dentro del periodo de lactación.

El iniciar la gestación dentro de la lactancia o poco después del destete no tiene las desventajas actuales ya sea del destete precoz, que demanda dietas más caras y complejas para los lechones, aún cuando disminuye el intervalo entre partos, o por el contrario la lactancia prolongada incrementa el desarrollo de la camada pero se alarga el intervalo entre partos. En este sentido Aumaitre y Dagorn (1982), usando los registros de la vida productiva de 6000 cerdas en diferentes piaras y dividiéndolos de acuerdo al tiempo de lactación, que fue en promedio 20, 26, 31, 36, 41 y 46 días encontraron que el intervalo entre el destete y la monta fértil fue de 12.2 días para lactaciones de 22 a 28 días, por el contrario un destete muy temprano o muy tardío presentó un aumento de 5 días en este intervalo. Además, el 78% de las cerdas destetadas entre el día 22 y 28 se sirvieron dentro de los 8 días posdestete contra sólo el 59% en las cerdas con lactaciones menores de 23 días o mayores de 38. Y el número de lechones en la camada al nacimiento se redujo cada vez que era más temprano el destete, pero las diferencias, que disminuyeron al aumentar los partos, no fueron significativas a la cuarta parición.

Debido a que hubo más cerdas multiparas que primiparas que presentaron estro lactacional hubo diferencias ($P < .05$) entre el número de parto para el intervalo del destete al estro, y es similar a lo observado en otros trabajos que solo se usó el amamantamiento a libertad y en donde las cerdas primiparas tardan más tiempo en retornar a estro (Oliva, 1990). En el caso del

tipo de dieta proporcionado es similar a los hallazgos de otros autores donde el proporcionar melaza en gran cantidad no altera la reanudación de la actividad estral. Beltrán et al. (1992), no encontraron efecto a la adición del 36% de melaza en la dieta sobre el IDE cuando lo compararon con una dieta convencional de sorgo-soya proporcionadas ya sea durante la lactación o el periodo destete-estro. Oliva (1990) comparó tres tipos de dietas ofrecidas durante toda la lactación y no encontró diferencias cuando proporcionó un 37% de melaza. Además, en una serie de trabajos en los que utilizaban miel rica de caña de azúcar como única fuente energética en lactación, tampoco se encontraron alteraciones en la reanudación de la actividad estral o el intervalo destete-estro, al compararlos con dietas convencionales de sorgo-soya (Barrios et al., 1985; Barrios et al., 1987; Barrios et al., 1990). Además no se encontró correlación entre el IDE y la pérdida de peso de la cerda lo que apoya a Einarsson y Rojkittikhun (1993), que mencionan que aún se encuentra indefinida la cantidad de peso o condición corporal que se necesita perder para que se prolongue el intervalo al servicio postdestete, así como el nivel de energía dietaria que se necesita para prevenir esta situación, sin embargo, la disminución del intervalo de destete a estro por el amamantamiento restringido no se modifica por la adición de 35% de melaza a la dieta.

8.5. Duración del Estro. En el presente trabajo se encontró que la duración del estro fue menor en 8.17 horas para las cerdas que tuvieron amamantamiento restringido que las que no se separaron de su camada durante la lactación ($P < 0.05$).

Además fue menor ($P < 0.10$) la duración del estro para las primíparas en comparación con las multiparas (cuadro 4).

En la literatura no se han presentado resultados de efectos asociados a la duración del estro entre razas europeas y al parecer es de mayor importancia el intervalo entre el inicio de estro y el pico de LH como se ha encontrado en las razas chinas hiperprolíficas con relación a las europeas (Martinat-Botte et al., 1989; Faillace et al., 1991; Wilmut et al., 1992) permitiendo una maduración folicular preovulatoria más homogénea, ya que el intervalo entre el inicio del estro y el pico de LH es menor para las cerdas chinas (de -15 a +14 h) que para las europeas (+14 a +40 h), pero la presentación del aumento de estradiol antes del pico de LH no es diferente entre razas. Hunter et al. (1993) piensan que puede deberse a una mayor sensibilidad de las cerdas chinas a los

estrógenos en términos de iniciar una respuesta de comportamiento. En la raza Meishan, este mayor periodo estral puede dar como resultado una mayor frecuencia y prontitud de la monta, la cual puede proporcionar beneficios en términos de transporte espermático y capacitación (Claus, 1990), o resultar en un proceso de fertilización más rápido (Terqui et al. 1992). Sin embargo, en este trabajo no se evaluó la presentación de la ovulación y con relación al tiempo de duración del estro, los reportes son escasos. Oliva (1990) no encontró efecto del número de parto para la duración del estro, por lo que su disminución que se observó en este experimento no es explicable, y requerirá de más estudios de las causas endocrinas que afectan la duración del estro.

8.6. Prolificidad de las Cerdas a la Siguiente Parición. Las cerdas que tuvieron el mayor número de lechones al parto subsecuente, fueron las cerdas que consumieron dietas con 35% de melaza y tuvieron amamantamiento restringido, aunque no se encontró diferencia entre este tratamiento y el tratamiento control y no hay evidencias que en las condiciones a las que estuvieron sometidos los animales afecte la prolificidad el consumo de energía metabolizable o el cambio de peso de las cerdas, solo se observó que el consumo de energía metabolizable de las cerdas en lactación fue superior numéricamente al promedio general (en 0.688 Mcal/día) y a su vez el promedio general fue superior al recomendado por el NRC (1988) para cerdas en lactación, con relación al intervalo del día 21 de lactación a la presentación del estro se encontró que numéricamente fue inferior al promedio en 1.58 días; el 43% de las cerdas presentaron estro predestete y el 57% lo hicieron posdestete; para el intervalo del inicio del tratamiento a estro y la duración del estro prácticamente fueron los mismos que el promedio general.

Con respecto a las variables que se midieron y analizaron durante la lactación no se reportan en la literatura cambios relacionados con la prolificidad subsecuente (Aumaitre y Dagorn, 1982; Neves et al., 1989). De esta forma, Newton y Mahan (1993) encontraron que a pesar que el peso al servicio de cerdas primíparas afectaba el consumo de alimento de las cerdas en sus primeras tres lactaciones, este último no afectó el tamaño de la camada a la siguiente parición, en el presente trabajo tampoco el consumo de energía metabolizable en la cuarta semana de lactación o el presentado durante toda la lactación fue diferente para ningún tratamiento. Por otra parte a pesar que se encontró una disminución en el consumo de energía de las cerdas primíparas cuando

se mantuvieron con amamantamiento restringido esto no afectó el número de lechones en la camada y tampoco cambió para las multiparas que tuvieron consumos de energía similares (cuadro 3 y gráfica 1).

Con respecto al intervalo para la presentación del estro no se han observado diferencias en el número de lechones en la camada, ya que están relacionados principalmente con la reducción de los días de lactación, Aumaitre y Dagorn (1982), usando los registros de diferentes hatos y agrupándolos por los días al destete, encontraron que el número de lechones en la camada al nacimiento se redujo cada vez que era más temprano el destete, pero las diferencias disminuyeron al aumentar los partos, y no fueron diferentes a la cuarta parición. lo que parcialmente coincide con las observaciones previas de otros autores que no encontraron diferencias en el número de ovulaciones por la duración del periodo de lactación (Hays et al., 1978; Allrich et al., 1979). A pesar que el número de ovulaciones no se altera, al parecer la sobrevivencia embrionaria si disminuye al reducirse el periodo de lactación (Allrich et al., 1979; Sunardi y Rigor, 1983), pero solamente cuando este es menor de 18 días (Moody y Speer, 1971; Varley y Cole, 1976) . La reducción del intervalo para la presentación del estro, cuando éste se presenta durante la lactación, no se ha relacionado con la prolificidad a la siguiente parición, más adelante se discutirá la reanudación de la actividad estral en lactación.

Por otra parte, el consumo de la melaza como parte de los factores que interactuaron en este experimento para que hubiera un aumento en el número de lechones en la camada, se ha observado que con la adición de grandes cantidades de melaza en la dieta (>50%) o el incremento de la cantidad de energía metabolizable en la dieta durante el periodo previo al servicio, ha permitido que se presente un aumento en el número de lechones en la camada o el número de ovulaciones. Sin embargo, esto sólo ha estado limitado a cerdas nulíparas (Flowers et al., 1989; Oliva et al., 1990; Rodríguez-Marquez y Cuarón, 1990; Beltranena et al., 1993; Oliva et al., 1992; Oliva et al., 1993). Cuando se ha intentado buscar un efecto de la adición de melaza en la dieta de cerdas paridas, ya sea durante la lactación o bien en el intervalo destete-estro no se ha conseguido ningún beneficio sobre el número de lechones en la camada a la siguiente parición (Oliva, 1990; Beltrán, 1992), confirmandose en este trabajo donde la diferencia en número de lechones de la camada por efecto de solo el tipo de dieta tampoco fue significativa (cuadro 5a).

El amamantamiento controlado fue el factor que en combinación con la dieta de 35% de melaza aumentó la prolificidad a la siguiente parición. Esta modificación del amamantamiento no incrementa por sí solo el número de lechones en la camada al parto subsecuente (Hays et al. 1978; Neves et al., 1989). Sin embargo, son inconsistentes los resultados del número de ovulaciones en el estro inducido durante la lactación o después del destete cuando se practica el amamantamiento restringido de la camada. Neves et al., (1989) observaron que el número de ovulaciones con amamantamiento controlado fue superior ($P < .10$) a las que hubo con amamantamiento tradicional cuando iniciaron la separación de la camada a los 15 días (17.2 ± 2.5 y 16.7 ± 1.9 contra 14.0 ± 2.1 y 14.2 ± 3.4 ovulaciones, tanto con destete a 21 y 28 días). Además la aplicación de PMSG y hCG en cerdas en lactación, incrementan el número de ovulaciones en comparación con las no tratadas (Hausler et al., 1980). Opuesto a esto Stevenson y Davis (1984), no observaron diferencias significativas para el número de cuerpos lúteos por cerda entre los tratamientos en que se disminuyó la intensidad de succión o se permitió el amamantamiento tradicional con destete definitivo a las cinco semanas del parto. De igual forma Britt y Levis (1982) y Henderson y Hughes (1984), no encontraron diferencias entre el número de lechones nacidos por cerda en los animales con amamantamiento tradicional o controlado. Los resultados del presente experimento concuerdan con la literatura, ya que solo restringir el amamantamiento no mejoró el número de lechones en la camada a la siguiente parición. Según la literatura, ni el amamantamiento controlado, (Stevenson y Davis 1984), ni la duración del periodo de lactación (Svajner et al. 1974, Varley y Cole 1978; Sunardi y Rigor 1983; Stevenson y Davis 1984) afectan adversamente el número de embriones en tanto que el útero esté suficientemente involucionado para abrigrarlos (Elliot et al., 1980).

Debido a que la pérdida de peso de la cerda en lactación, el consumo de energía metabolizable o la reanudación de la actividad estral no estuvieron relacionadas con el número de lechones en la camada a la siguiente parición, el efecto de la combinación del amamantamiento restringido con la dieta con 35% de melaza sobre la prolificidad, no son explicables por los cambios de peso o del comportamiento estral, sin embargo es posible que el proporcionar una dieta con al menos 35% de melaza cuando se practica el amamantamiento restringido induzca cambios endocrinos que afecten el crecimiento folicular o la maduración del ovocito previo a la ovulación.

En el trabajo de Neves et al., (1989) encontraron que era mayor ($P < .10$) el número de ovulaciones cuando hicieron el amamantamiento restringido, pero esta no se reflejó en el número de lechones en la camada a la siguiente parición. En el presente experimento no se evaluó el número de ovulaciones pero es probable que la diferencia en la prolificidad del tratamiento con el amamantamiento restringido y dieta con 35% de melaza, sea debido a una mayor maduración que adquieran los ovocitos o folículos previa ovulación; el aumento de la prolificidad por el tratamiento es poco probable que afecte la sobrevivencia embrionaria ya que los tratamientos se suspendieron antes de que llegara el tiempo esperado de la ovulación. La ovulación se presenta en razas europeas de 48 a 72 horas después del inicio del estro, y en el presente trabajo tanto el manejo de la lactación como el tipo de dieta, aún en las cerdas que presentaron estro en lactación, se suspendió una vez realizado su último servicio (36 horas desde el inicio del estro). Sin embargo, debido a que no se evaluó el número de ovulaciones, no se puede descartar que este tratamiento pueda afectar las condiciones intrauterinas que modifiquen la sobrevivencia embrionaria. Por otra parte, debido a que no hubo diferencias en el número de lechones en la camada parida por las cerdas con amamantamiento restringido y dieta 35% de melaza en comparación con las de amamantamiento a libertad y dieta sorgo-soya, el efecto positivo de la adición de melaza en la dieta sobre la prolificidad de cerdas esta solamente limitado a cuando se realiza el amamantamiento restringido de la camada.

Por lo tanto, son de mayor importancia los eventos endocrinos que se presentan en las cerdas con amamantamiento restringido, así como aquellos relacionados con la adición de melaza en la dieta. Aún cuando en este experimento no se evaluaron los cambios en la concentración de las diferentes hormonas involucradas en el crecimiento folicular nos referiremos a estos cambios como posibles mecanismos involucrados.

El aumento del número de lechones en la camada puede estar asociado a que la liberación de gonadotropinas o el desarrollo folicular estimulados por el amamantamiento restringido puede ser mayor por el efecto insulinémico de la melaza, como el que se ha observado en cerdas nulíparas cuando se da la sobrealimentación previa al estro y se presenta un incremento en la liberación de gonadotropinas asociado a una mayor número de ovulaciones (Flowers et al., 1989).

8.7. Área Bajo la Curva de Insulina. Los cambios encontrados en el área bajo la curva para la concentración de insulina, demuestran que el ofrecimiento de dietas altas en melaza durante la cuarta semana de lactación permiten un cambio en las concentraciones de esta hormona, que no se habrían conseguido cuando fue proporcionada durante toda la lactación o en el intervalo destete-estro (Beltrán, 1995), pero que se reporta en cerdas nulíparas cuando se sobrealimentan (>12 Mcal/día de EM) durante periodos cortos de tiempo previos al estro (Flowers et al., 1989).

La drástica disminución de insulina del día 24 al 28 experimental, pudo deberse a que la glándula mamaria, que incrementa la cantidad de receptores a insulina durante el periodo de lactación (Flint, 1982), demande en mayor proporción esta hormona durante el amamantamiento continuo, que cuando se separa la camada por periodos diarios, e incluso sea el motivo por el que Beltrán (1995) no encontró cambios cuando la suministró en toda la lactación. Aún cuando en este experimento no se evaluó, la literatura menciona una disminución de la producción láctea por efecto del amamantamiento restringido evaluado como la ganancia de peso de la camada (Rowlinson y Bryant, 1982), que esta estrechamente ligado a la caída de prolactina (Kraeling y Barb, 1990). La disminución de prolactina al separar la camada puede estar relacionada tanto con la disminución de la frecuencia de amamantamiento como la disminución de la frecuencia de ingestión de alimento por las cerdas, que provocaría un estado similar al de un ayuno corto, en el que de acuerdo con Einarsson y Rojkittikhun (1993), hay una disminución temporal de prolactina. que también se ha visto que se restituye rápidamente después de la realimentación e independientemente del amamantamiento (Uvnäs-Moberg et al., 1985; Armstrong et al. 1986). Así es que, el amamantamiento restringido puede estar limitando la lactogénesis y en consecuencia la utilización de insulina por la glándula mamaria.

De los resultados observados en el presente trabajo la interacción de tipo de alimento con el tipo de amamantamiento es la de mayor importancia, ya que involucra los efectos simples de los tratamientos. En estos resultados se observó que el amamantamiento restringido inducía una disminución en el área bajo la curva de la concentración de insulina para las cerdas con la dieta control (gráfica 4), además como se mencionó en forma previa es probable que las cerdas de amamantamiento restringido disminuyeran su frecuencia de alimentación en los periodos de separación de la camada, lo que pudo haber provocado estados metabólicos similares a periodos

cortos de ayuno, o ingestas de alimento menores, como las reportadas con alimentación al 50% del consumo a libertad que induce disminución en la concentración de insulina e incrementa la liberación de hormona del crecimiento y cortisol (Baidoo y Aherne, 1988a,b). Al respecto Rojkitikhun et al.(1993a), cuando mantuvieron en ayuno y sólo con aporte de agua por 24 horas a las cerdas en la 4 semana de lactación y evaluaron las concentraciones hormonales antes y después que volvieron a ofrecer alimento, encontraron que las concentraciones de glucosa e insulina plasmática disminuían a valores muy bajos en el periodo de ayuno y se incrementaban después de la alimentación, y las concentraciones de prolactina fueron bajas y la estimulación de mamar de la camada no indujo liberación significativa de prolactina en el periodo de ayuno, sin embargo la prolactina se incrementó rápidamente después de la alimentación. Por otra parte se ha observado que la concentración de insulina durante la lactación principalmente al inicio de esta puede estar relacionada con la subsecuente función reproductiva (Tokach et al., 1992a). Además la administración intracerebroventricular de insulina incrementan la concentración periférica de LH y la frecuencia de pulsos de LH en cerdas ovariectomizadas, indicando que la insulina puede estimular la liberación de LH (Cox et al., 1989). En el presente experimento el área bajo la curva fue menor por efecto de restringir el amamantamiento, pero la dieta con 35% de melaza evitó esta disminución (gráfica 4), por lo que la melaza induce un efecto más sostenido de las concentraciones de insulina similar a lo encontrado en cerdas nuliparas cuando se caracterizó por día de muestreo (Rodríguez, 1990), y con respecto al área bajo la curva que fue menor en el día 7 del tratamiento es posible que la disminución de la concentración de insulina conforme transcurre la exposición a la melaza, podría ser debida a un efecto diabetogénico (cuadro 8). La diferencia del área bajo la curva entre los tratamientos para los diferentes días en este experimento no fue diferente. Sin embargo como se observa en la gráfica 5, la dieta con melaza en el día 7 de tratamiento con respecto a la del día 3 tiene las disminuciones mayores y menores por efecto del tipo de amamantamiento. Por lo que serían necesarios más estudios para evaluar si el posible efecto diabetogénico que se presenta con el tiempo de tratamiento y la dieta con melaza puede ser evitado por los periodos de falta de alimentación inducidos por el amamantamiento restringido o si la melaza permite la presencia de concentraciones diarias de insulina de mayor persistencia como lo sugiere Rodríguez (1990) y estas participen en el desarrollo folicular inducido por el

amamantamiento restringido.

Finalmente de los resultados de los dos experimentos encontramos que el restringir el amamantamiento causa:

Un retorno al estro más temprano, que es menor cuando se proporcionó la dieta sorgo-soya y en las cerdas multiparas. Un acortamiento de la duración del estro, que es menor para las cerdas primiparas y para la dieta sorgo-soya. Un menor consumo de energía metabolizable, que afectó principalmente a las cerdas primiparas. Una baja en la concentración de insulina plasmática, que fue menor cuando se proporcionó la dieta sorgo-soya.

Y el proporcionar melaza en la dieta no es diferente que el testigo para el consumo de energía metabolizable, ni aún con amamantamiento restringido. El retorno a estro más temprano inducido por el amamantamiento restringido no es tan amplio con esta última dieta y no hay diferencias en el intervalo al estro entre primiparas y multiparas que consumen melaza a diferencia de las que consumen sorgo-soya. Con la dieta con melaza hay el mismo porcentaje (43%) de cerdas primiparas que multiparas con estro lactacional con el amamantamiento restringido a diferencia de las de sorgo (primiparas 40%, multiparas 82%). Además para la dieta con melaza la duración del estro por efecto del amamantamiento restringido no se afecta y las primiparas tienen igual duración de estro que las multiparas.

La concentración de insulina es mayor en la cuarta semana de lactación, la caída de insulina diaria es posible que sea menor del día 24 al 28 de lactación cuando interactúa con el amamantamiento restringido.

No se presentan cambios en el número de lechones en la camada a la siguiente parición al considerar el efecto de la dieta. Sin embargo cuando se combina el efecto de la dieta con melaza con el amamantamiento restringido se incrementa el número de lechones en la camada, a niveles estadísticamente similares a los obtenidos con el tratamiento de amamantamiento a libertad y dieta sorgo-soya.

En conjunto los resultados anteriores sugieren que el amamantamiento restringido puede estimular la actividad ovárica durante la lactación, al igual como lo marca la literatura (Walker y England, 1977; Rowlinson y Bryan, 1982), pero este cambio en la presencia de la camada no solamente rompe el estímulo táctil o visual de la camada con la cerda (Dugan et al., 1982;

Rowlinson y Bryant, 1982), para permitir la liberación de gonadotropinas (Newton et al., 1987b), sino que también puede afectar en forma negativa el consumo de energía metabolizable (cuadro 3), la concentración diaria de insulina (gráfica 5) y ser variable su respuesta para la prolificidad a la siguiente parición. Los efectos negativos del amamantamiento restringido parecen afectar en mayor grado a las cerdas menos maduras (primíparas) y no ser tan drásticos en las cerdas de más de un parto (gráfica 1; Newton et al., 1987a). Por otra parte proporcionar melaza en la dieta durante la lactación no modifica los parámetros reproductivos (cuadros 4, 5 y 6) de las cerdas, pero sí afecta el consumo de energía metabolizable (cuadro 3), el que pudo deberse a que en la formulación de la dieta con melaza se usó un ajuste por el aumento esperado del consumo (Fernández, 1990) y este limitara la ingesta, ya que no han encontrado diferencia otros autores por incluir cantidades mayores de melaza durante la lactación (Barrios et al., 1990, Oliva, 1990; Beltrán et al., 1992). No obstante cuando se proporciona la melaza junto con el amamantamiento restringido, se permite la manifestación del efecto insulinémico de la melaza (gráfica 4) que solo se había encontrado en nulíparas (Flowers et al., 1989) y que al igual que en estas últimas está presente en el momento esperado del crecimiento folicular, lo que podría estar incrementando el número de ovulaciones como sucede en nulíparas (Flowers et al., 1989). Además, la melaza proporcionada junto con el amamantamiento restringido evitó la presentación de las alteraciones por la separación de la camada de la cerda y la respuesta diferente por el número de parto de la cerda.

9. Conclusiones

- 1. En el presente trabajo se confirma que el amamantamiento restringido durante la cuarta semana de lactación permite la reanudación del estro de las cerdas en lactación, y que responden mejor las cerdas multiparas.**
- 2. El amamantamiento restringido afecta en forma negativa el consumo de energía metabolizable, principalmente de las cerdas primiparas.**
- 3. El amamantamiento restringido disminuye la duración del estro, principalmente de cerdas primiparas, sin estar relacionado con alteraciones en el número de lechones en la camada a la siguiente parición.**
- 4. El amamantamiento restringido y la utilización del 35% de melaza en la dieta producen un efecto insulínemico en cerdas multiparas que persiste durante la cuarta semana de lactación.**
- 5. El efecto de la restricción del amamantamiento sobre el número de lechones en la camada a la siguiente parición depende de la dieta proporcionada en el periodo de restricción del amamantamiento.**

10. Bibliografía Consultada

- Adashi, E.Y., A.J.W. Hauch 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. Fert.* (suppl.33): 169.
- Ahrens, M. and W. Schlegel. 1975. Superposition of lactation and pregnancy by administration of gonadotropin hormones. *Machr. Vet. Med.* 30: 736.
- Allrich, R.D., J.E. Tilson, J.N. Johnson, W.D. Slinger and M.J. Marchelo. 1979. Effect of lactation length and fasting on various reproductive phenomena of sow. *J. Anim. Sci.* 48: 359.
- Anderson L.L. and R.M. Melampy. 1972. Factors affecting ovulation rate in the pig. In: D.J.A. Cole (Ed.) *Pig Production*. pp 329-366. Butterworth, London.
- Armstrong, J.D., J.H. Britt and R.R. Krackling. 1986. Effect of restriction of energy during lactation on body condition, energy metabolism, endocrine changes and reproductive performance in primiparous sows. *J. Anim. Sci.* 63: 1915.
- Armstrong, J.D., R.R. Krackling and J.H. Britt. 1988a. Effects of naloxone or transient weaning on secretion of LH and prolactin in the lactating sow. *J.Reprod. Fert.* 83: 301.
- Armstrong, J.D., R.R. Krackling and J.H. Britt. 1988b. Morphine suppresses luteinizing hormone concentration in transiently weaned sows delay onset of oestrus after weaning. *J. Anim. Sci.* 66: 2216.
- Ash, R.W. and R.B. Heap. 1975. Oestrogen, progesterone and corticosteroid concentrations in peripheral plasma of sows during pregnancy, parturition, lactation and after weaning. *J.Endocrinol.* 64: 1141.
- Aumaitre, A. et J. Degorn. 1982. Influence de la durée de lactation sur la fécondité et la prolificité de la truie. *Ann. Zootech.* 31: 431.
- Baidoo, S.K. and F.X. Aherne. 1988a. The influence of feeding level on the performance and hormonal status of the sow during lactation. *Proceedings of the 11th International Congress on Animal Reproduction and AI, Dublin., 2 Abstr 81.*
- Baidoo, S.K. and F.X. Aherne. 1988b. Sow weight and backfat loss in lactation: effects on the occurrence and the endocrinology of the postweaning estrus. *Proceedings of the 11th International Congress on Animal Reproduction and AI, Dublin., 2 Abstr 7.*
- Baidoo, S.K., E.S. Lythgoe, R.N. Kirkwood, F.X. Aherne and G.R. Foxcroft. 1992a. Effect of lactation feed intake on endocrine status and metabolite levels in sows. *Can. J. Anim. Sci.* 72:

FALTA PAGINA

No.

60

- Baidoo, S.K., F.X. Aherne, R.N. Kirkwood and G.R. Foxcroft. 1992b. Effect of feed intake during lactation and after weaning on sow reproductive performance. *Can. J. Anim. Sci.* 72: 911.
- Baranao, J.L.S. and J.M. Hammond. 1984. Comparative effects of insulin and insulin-like growth factors on DNA synthesis and differentiation of porcine granulosa cells. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 124: 484.
- Barb, C.R., R.R. Kraeling, G.B. Rampacek and C.S. Hiamant. 1986. Opioid inhibition of LH secretion in the post-partum lactating sow. *Biol. Reprod.* 35: 368.
- Barb, C.R., R.R. Kraeling, G.B. Rampacek and L.S. Leshin. 1987. Opioid modulation of follicular stimulating hormone (FSH) and prolactin (PRL) secretion in the postpartum sow. *Adv. Exp. Med. Biol.* 219: 647.
- Barrico, A., J.A. Lan y M. Paterason. 1985. Efecto del consumo energético sobre la aparición del celo postestete en la cerda. *Cienc. Tec. Agric. Ganado porcino*, 8: 33.
- Barrico, A., J.A. Lan y M. Paterason. 1987. Utilización de miel rica y levadura torula como única fuente de alimento para la cerda lactante. *Cienc. Tec. Agric. Ganado porcino*, 10: 27.
- Barrico, A., J.A. Lan, V. Figueroa y A. Alfonso. 1990. Utilización de miel rica de caña de azúcar como única fuente energética para cerdas lactantes. *Cienc. Tec. Agric. Ganado porcino*, 13: 51.
- Beltrán, O., D.M., A. Villa Godoy y J.A. Cuarón I. 1992. Influencia de la duración del suministro de melaza en la productividad de cerdas lactantes adultas. *Reunión Nacional de Investigación Pecuaria en México*. 159 (Abstr.).
- Beltrán, O.D.M. 1995. Efecto de la inclusión y la duración del suministro de melaza sobre el desarrollo productivo y reproductivo de cerdas lactantes. *Tea de maestría. FES Cuautitlán. UNAM. Cuautitlán Izcalli, Edo. de México.*
- Beltranena, Foxcroft, Aherne y Kirkwood. 1993. Endocrinology of nutritional flushing in gilts. *Can J. Anim. Sci.*, 71: 1063.
- Bevers, M.M., A.H. Willems, Th.A.M. Kruip and D.F.M. van de Wiel. 1981. Prolactin levels and the LH response to synthetic LHRH in the lactating sow. *Anim. Reprod. Sci.*, 4: 155.
- Britt, J.H. 1986. Improving sow productivity through management during gestation, lactation and after weaning. *J. Anim. Sci.* 63: 1288.
- Britt, J.H. and D.G. Levis. 1982. Effect of altering suckling intervals of early-weaned pigs on rebreeding performance of sows. *Theriogenology* 18: 201.
- Britt, J.H., D.J. Armstrong, N.M. Cox and K. Esbenshade. 1985. Control of follicular development during and after lactation in the sow. *J. Reprod. Fert. (Suppl. 33)*: 37.

- Booth, P.J. 1990. Metabolic influences on hypothalamic-pituitary-ovarian function in the pig. *J. Reprod. Fert. (Suppl. 40)*: 89.
- Buttle, L.H. 1991. Some aspects of endocrinology of reproduction and lactation in pigs. *Pig News Infor. 12(4)*: 547.
- Celaya del Toro, V. 1995. La valanza comercial agroalimentaria. *Desarrollo Porcicola. 30*, 6-9. México.
- Channing, C.P., V. Tsai and D. Sachs. 1976. Role of insulin, tiroxin and cortisol in luteinization in porcine granulosa cells grown in chemically defined media. *Biol. Reprod. 15*: 235.
- Claus, R. 1990. Physiological role of seminal components in the reproductive tract of the female pig. *J. Reprod. Fert. (Suppl. 40)*: 117.
- Cole, D.J.A. 1982. Nutrition and reproduction. In *Control of Pig Reproduction*, pp. 603-619. Eds D.J.A. Cole and G.R. Foxcroft. Butterworth, London.
- Cole, D.J.A. 1990. Nutritional strategies to optimize reproductive in pigs. *J. Reprod. Fert. (Suppl. 40)*: 67.
- Cole, D.J.A. and S.A. Chadd. 1989. Voluntary food intake of growing pigs. In *The Voluntary Feed Intake of Pigs*, pp. 61-70. Eds J.M. Forbes, M.A. Varley and T.L.J. Lawrence. Br. Soc. Anim. Prod, Edinburgh.
- Cox, N.M. and J.H. Britt. 1982. Pulsatile administration of gonadotropin releasing hormone to lactating sows: endocrine changes associated with induction of fertile estrus. *Biol. Reprod. 27*: 1126.
- Cox, N.M., J.H. Britt, W.D. Armstrong and H.D. Alhusen. 1983. Effect of feeding fat and altered weaning schedule on rebreeding in primiparous sows. *J. Anim. Sci. 56*: 21.
- Cox, N.M., M.J. Stuart, T.G. Althen, W.A. Bennett and H.W. Miller. 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., J.L. Ramirez, L.A. Matamoros and W.A. Bennett. 1988. Estrogen induces estrus unaccompanied by a preovulatory surge in luteinizing hormone in suckled sows. *Biol. Reprod. 38*: 592.
- Cox, N.M., C.R. Barb, J.S. Kesner, R.R. Kraeling, I.A. Matamoros and G.B. Rampacek. 1989. Effects of intracerebroventricular (IVC) administration of insulin on luteinizing hormone (LH) in gilts. *Proceedings of the 3rd International Conference on Pig Reproduction, Nottingham. Abstr 7*.
- Crighton, D.B. 1970. Induction of pregnancy during lactation in the sows. *J. Reprod. Fert. 22*: 223.

- Crighton, D.B. and G.E. Lamming. 1969. The lactational anoestrus of sows; the status of anterior pituitary-ovarian system during lactation and after weaning. *J. Endoc.* 143: 507.
- Cuarón, I.J.:A. Molasses for pigs 1992. *Feed Management*, August, 10.
- De Rensis, F. 1989. Reproductive physiology of the early post-partum sow. M. Phil. thesis, University of Nottingham.
- De Rensis F., M.G. Hunter, S.A. Grant, R.T. Lancaster AND G.R. Foxcroft. 1991. Effect of estrogen administration on endogenous and luteinizing hormone-releasing-hormone-induced luteinizing hormone secretion and follicular development in the lactating sow. *Biol. Reprod.* 44. 6: 975.
- Duggan, R.T., M.J. Bryant. and F.J. Cunningham. 1982. Gonadotrophin, total oestrogen and progesterone concentrations in the plasma of lactating sows with particular reference to lactation oestrus. *J.Reprod.Fert.* 64: 303.
- Dyck, G.W. and Swierstra, E.E. 1983. Growth of the reproductive tract of the gilt from birth to puberty. *Can. J. Anim. Sci.* 63, 81.
- Edwards, S. and G.R. Foxcroft. 1983b. Endocrine changes in sows weaned at two stages of lactation. *J. Reprod. Fert.* 67: 161.
- Elliot, J.I., G.J. King, and H.A. Robertson. 1980. Reproductive performance of the sow subsequent to weaning piglets at birth. *Can. J. Anim. Sci.* 60: 65.
- Einarsson, S. and T. Rojkittikhun. 1993. Effects of nutrition on pregnant and lactating sows. *J. Reprod. Fert. Suppl.* 48:229.
- Ellendorff, F., M.L. Forsling and D.A. Poulain. 1982. The milk ejection reflex in the pig. *J. Physiol.Lond.* 333: 577.
- Elsaesser, F. and N. Parvizi. 1980. Partial recovery of the simulatory oestrogen feedback action on LH release during late lactation in the pig. *J. Reprod. Fert.* 59: 63.
- Engelhardt, H., D.J. Hill, F.R. Tekpetey and D.T. Armstrong. 1991. Regulation of the thecal cell luteinization: LH and IGF-I responsiveness throughout follicular maturation and early luteal development in pig. *J. Endocr. (Suppl. 31) Abstr.* 34.
- Erickson, G.F., V.G. Garzo and D.A. Magoffin. 1989. Insulin-like growth factor-I regulates aromatase activity in human granulosa and granulosa luteal cells. *J. Clin. Endocr. Metab.* 69: 716.
- Faillace, L.S., C. Biggs, C.S. Haley and M.G. Hunter. 1991. Timing of ovulation and reproductive characteristics in chinese Meishan gilts. *J. Reprod. Fert. Abstract Series 8 (Abst 83)*.
- Fernández, T.S. 1990. Valor energético de la melaza y complementación proteica en dietas para cerdos. Tesis de Maestría. FES Cuautitlán, UNAM, México.

- Fernstrom, J.D. 1983. Role of precursor availability in control of monoamine biosynthesis in brain. *Physiol. Rev.* 63: 484.
- Figueroa, V. y J. Ly. 1990. Alimentación porcina no convencional. GEPLACEA. México.
- Flint, D.J. 1982. Regulation of insulin receptors by prolactin in lactating rat mammary gland. *J Endocr.* 93: 279.
- Flowers, B., M.J. Martin, T.C. Cantley and B.N. Day. 1989. Endocrine changes associated with a dietary-induced increase in ovulation rate (flushing) in gilts. *J. Anim. Sci.* 67: 771.
- Foxcroft, G.R. 1992. Symposium on frontiers in reproductive biology, held at the University of Nottingham, School of Agriculture, Sutton Bonington, 12th and 13th July 1992 [edited by Brooks, N.; Challis, J.; McNeilly, A.; Doberska, C.]. *J. Reprod. Fert. Suppl.* 45: 113.
- Foxcroft, G.R., H.J. Shaw, M.G. Hunter, P.J. Booth and R.T Lancaster. 1987. Relationship between luteinizing hormone, follicle stimulating hormone, prolactin secretion and ovarian follicular development in weaned sows. *Biol. Reprod.* 36: 175.
- Garzo V.G. and J.H. Dorrington. 1984. Aromatase activity in human granulosa cells during follicular development and the modulation of follicle-stimulating hormone and insulin. *Am. J. Obstet. Gynecol.* 148:657.
- Gill, J.L. and H.D. Hafs. 1971. Analysis of repeated measurements of animals. *J. Anim. Sci.* 33: 331.
- Grant, S.A. 1989. Control of follicular development in the cyclic gilt and weaned sow. Ph.D thesis, University of Nottingham.
- Guthrie, H.D., V.G. Pursel and L.T. Frobish. 1978. Attempts to induce conception in lactating sows. *J. Anim. Sci.* 47: 1145.
- Hammond, J.M., J.L.S. Baranao, D. Skaleris, A.B. Knight, J.A. Romanus, M.M. Rechler. 1985. Production of insulin-like growth factor by ovarian granulosa cells. *Endocrinology* 117:2553.
- Hausler, C.L., H.H. Hodson, D.C. Kuo, T.J. Kinney, V.A. Rauwolf and L.E. Strack. 1980. Induced ovulation and conception in lactating sows. *J. Anim. Sci.* 50: 773.
- Hays, V.W., J.L. Krug, G.L. Cowwell, R.H. Dutt and D.D. Kratzer. 1978. Effect of lactation length and antibiotic on reproduction performance of sows. *J. Anim. Sci.* 46: 886.
- Henderson, R. and P.E. Hughes. 1984. The effects of partial weaning movement and boar contact on the subsequent reproductive performance of lactating sows. *Anim. Prod.* 39:131.
- Hughes, P.E. and M.A. Varley. 1984. Reproducción del cerdo. ACRIBIA. España.
- Hunter, M.G., C. Biggs and L.S. Faillace. 1993. Endocrine and follicular studies in Meishan pigs. *J. Reprod. Fert. (Suppl.* 48): 261.

- Jia, X.C., J. Kalmijn and A.J.W. Hsueh. 1986. Growth hormone enhances follicle-stimulating hormone induced differentiation of cultured rat granulosa cells. *Endocrinology*, 118: 1401.
- Johnston, L.J., R.L. Fogwell, S.A. Zinn and E.R. Miller. 1989. Relationship of insulin and selected blood borne metabolites to expression of postweaning estrus in primiparous sows. *J. Dairy Sci.* 72 (Suppl. 1): 251.
- Kendall, J.Z., G.E. Richards and L.N. Shih. 1983. Effect of haloperidol, suckling, oxytocin, and hand milking on plasma relaxin and prolactin concentration in cyclic and lactating pigs. *J. Reprod. Fert.* 69: 271.
- King, R.H. and I.H. Williams. 1984a. The effect of nutrition on the reproductive performance of first-litter sows, 1. Feeding level during lactation and between weaning and re-mating. *Anim. Prod.* 38: 241.
- King, R.H. and I.H. Williams. 1984b. The effect of nutrition on the reproductive performance of first-litter sows, 2. Protein and energy intakes during lactation. *Anim. Prod.* 38: 249.
- Kirkpatrick, R.L., B.E. Howland, N.L. First and L.E. Casida. 1967. Ovarian and pituitary gland changes in gilts on two nutrient energy levels. *J. Anim. Sci.* 26: 358.
- Kirkwood, R.N. and F.X. Aherne. 1985. Energy intake, body composition and reproductive performance of the gilt. *J. Anim. Sci.* 60: 1518.
- 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: 4, 1119.
- Kraeling, R.R. and C.R. Barb. 1990. Hypothalamic control of gonadotrophin and prolactin secretion in pigs. *J. Reprod. Fert.* (Suppl. 40): 3.
- Kunavongkrit, A., S. Einarsson and I. Settergren. 1982. Follicular development in primiparous lactating sows. *Anim. Reprod. Sci.* 5, 47.
- Kunavongkrit, A., L.E. Edqvist and S. Einarsson. 1983. Clinical and endocrinological studies in zero-weaned sows. (3) Hormonal patterns of ovarian disorders due to zero-weaning. *Zentbl Vet Med. A* 30: 625.
- Mahan, D.C. and L.T. Mangan. 1975. Evaluation of various protein sequences on the nutritional carry-over from gestation to lactation with first-litter sows. *J.Nutr.* 105: 1291.
- Martinat-Botte, F. 1975. Induction of gestation during lactation in the sow. *Annls Biol anim Biochim Biophys.* 15: 369.
- Martinat-Botte, F., F.W. Bazer and M. Terqui. 1989. Embryonic survival mechanisms in Chinese Meishan and hyperprolific Large White gilts. In *Third International Conference on Pig Reproduction Loughborough*, Abst 45.

- Maruo, T., M. Hayashi, H. Matsuo, Y. Ueda, M. Moridawa, and M. Mochizuki. 1988. Comparison of the facilitative roles of insulin and insulin-like growth factor I in the functional differentiation of granulosa cells: in vitro studies with the porcine model. *Acta Endocr. Copenh.* 117: 230.
- Mateos G.G. y M.G. Garcia. 1995. Efecto de la nutrición de la cerda en la tasa de concepción y tamaño de la camada. III curso-symposium internacional de Reproducción e I.A. porcina, Madrid, 14.
- Mattioli, M., F. Conte, G. Galeati and E. Seren. 1986. Effect of naloxone on plasma concentration of prolactine and luteinizing hormone in the lactating sow. *J. Reprod. Fert.* 76: 167.
- May, J.V. and D.W. Schomberg. 1981. Granulosa cell and differentiation in vitro: effects of insulin on growth and functional integrity. *Biol. Reprod.* 25: 421.
- Melampy, R.M., D.M. Henricks, L.L. Anderson, C. Chen and I.R. Schultz. 1966. Pituitary follicle stimulating hormone and luteinizing hormone concentration in pregnant and lactating pigs. *Endocrinology.* 78: 801.
- Meurer, K.A., N.M. Cox, I.A. Matamoros and R.C. Tubbs. 1991. Decreased follicular steroids and insulin-like growth factor-I and increased atresia in diabetic gilts during follicular growth stimulated with PMSG. *J. Reprod. Fert.* 91, 187.
- Moody, N.N. and V.C. Speer. 1971. Factors affecting sow farrowing interval. *J. Anim. Sci.* 32: 510.
- Neves, M.T.D., F.A. Fonseca, J.A.A. Pereira and R.A. Torres 1989. Effect of limited nursing associated or not to treatment with gonadotropins on lactating sows - I. Reproductive performance of sows. *Rev. Bras. Reprod. Anim.* 13(2): 77.
- Newton, E.A., J.S. Stevenson and D.L. Davis. 1987a. Influence of duration of litter separation and boar exposure on estrous expression of sows during and after lactation. *J. Anim. Sci.* 65: 1500.
- Newton, E.A., J.S. Stevenson, J.E. Minton, and D.L. Davis. 1987b. Endocrine changes before and after weaning in response to boar exposure and altered suckling in sows. *J. Reprod. Fert.* 8: 599.
- Newton, E.A. and D.G. Mahan. 1993. Effect of initial breeding weight and management system using a high producing maternal genotype on resulting sow reproductive performance over three parities. *Ohio Swine Research and Industry Report 1992-1993.* 1993, 95.
- Noblet, J., J.Y. Dourmad and M. Etienne. 1990. Energy utilization in pregnant and lactating sows: modelling of energy requirements. *J. Anim. Sci.*, 68: 562.
- NRC 1988. Nutrient Requirements of Domestic Animals. Nutrient Requirements of swine. Ninth Revised Ed. National Academy of Sciences-National Research Council Washington, D.C. USA.

- Oliva, H.J. 1990. Efecto de diferentes fuentes de energía dietética sobre la eficiencia y funciones reproductivas de las cerdas. Tesis de maestría. FES Cuautitlán. UNAM. Cuautitlán Izcalli, Edo. de México.
- Oliva, H.J., S. Zapata, J.A. Cuarón I. y A. Villa Godoy. 1992. Alimentación de cerdas nulíparas con dietas altas en melaza. I. Efecto sobre prolificidad. Reunión Nacional de Investigación Pecuaria en México. 224 (Resumen).
- Oliva, H.J., S. Zapata, S., J.A. Cuarón I. y A. Villa Godoy. 1993. Influencia de la época y del tipo de dieta premona sobre la prolificidad de las cerdas nulíparas. Reunión Nacional de Investigación Pecuaria en México. 192 (Resumen).
- Oomura, Y. 1976. Significance of glucose, insulin and free fatty acid on the hypothalamic feeding and satiety neurons. In *Hunger: Basic Mechanisms and Clinical Implications*, pp. 145-157. Eds D. Novin, W. Wyrwicka and B. Bray. Raven Press, New York.
- Otani T., T. Maruo, N. Yukimura and M. Mochizuki. 1985. Effect of insulin on granulosa cells: implications of a possible receptor mediated action. *Acta Endocrinologica*. 108: 104.
- Palmer, W.M., H.S. Teague and W.G. Venzke. 1965. Histological changes in the reproductive tract of the sow during lactation and early post weaning. *J. Anim. Sci.* 24: 541.
- Parvizi, N., F. Elsaesser, D. Smidt and F. Ellendorff. 1976. Plasma luteinizing hormone and progesterone in the adult female pig during the oestrous cycle, late pregnancy and lactation, and after ovariectomy and pentobarbitone treatment. *J. Endocr.* 69: 193.
- Petchey, A.M. and P.R. English. 1980. A note on effects of boar presence on the performance of sows and their litters when penned in groups in late lactation. *Anim. Prod.* 31: 107.
- Porte, D., Jr and S.C. Woods. 1981. Regulation of food intake and body weight by insulin. *Diabetologia*. 20: 274.
- Ramirez, J.L., N.M. Cox and W.A. Bennett. 1985. Characterization of estrus and ovulation in lactating sows given pulsatile gonadotropin-releasing hormone terminated at estrus or 24 h later. *J. Anim. Sci.* 61 Suppl.1), 44.
- Reese, D.E., B.D. Moser, E.R. Peo, A.J. Lewis, D.R. Zimmerman, J.E. Kinder and W.W. Stroup. 1982. Influence of energy intake during lactation and subsequent gestation on lactation and post-weaning performance of sows. *J. Anim. Sci.* 55: 867.
- Reese, D.E., E.R. Peo, Jr. and A.J. Lewis. 1984. Relationship of lactation energy intake and occurrence of postweaning estrus to body and backfat composition in sows. *J. Anim. Sci.* 58:11236.
- Riis, P.M. 1983. Adaption of metabolism to various conditions: nutritional and other environmental conditions. In *Dynamic Biochemistry of Animal Production*, pp. 319-357. Ed. P. M. Riis. Elsevier, Amsterdam.

- Rodriguez, M. M.C. 1990. Efecto de tres fuentes de energía sobre la tasa de ovulación y cambios en el perfil hormonal de las cerdas. Tesis de maestría. FMVZ. UNAM. México.
- Rodriguez-Márquez, M.C. y J.A. Cuarón I. 1990. Dietary energy source on ovulation in swine. *J. Anim. Sci.* 68 (Suppl. 1): 199 (Abstr).
- Rojanasthien, S.A.M., N. Lundeheim and S. Einarsson. 1987. Luteinizing hormone response to different doses of synthetic gonadotrophin releasing hormone durin carly and late lactation in primiparous sows. *Anim. Reprod. Sci.* 13: 299.
- Rojanasthien, S., S. Einarsson, L.E. Edqvist, H. Kindahl and I. Settergren. 1988. Clinical, morphological and endocrinological studies in post-weaning anoestrous sows. 11th International Congress on Animal Reproduction and Artificial Insemination, University College, Dublin, Ireland.
- 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-oestrous interval in primiparous sows. *J. Vet. Med. A* 39: 6, 426.
- Rojkittikhun, T., S. Einarsson, K. Uvnäs-Moberg and L.E. Edqvist. 1993a. Body weight loss during lactation in relation to energy and protein metabolism in standard-fed primiparous sows. *J. Vet. Med. A* 40: 249.
- Rojkittikhun, T., S. Einarsson, K. Uvnäs-Moberg and A. Madej. 1993b. Patterns of release of oxytocin, prolactin, insulin and LH, relationships between them, and their relations to suckling, studied using continuous blood collection technique in lactating sows. *J. Vet. Med. A* 40.
- Rojkittikhun, T., S. Einarsson, H. Zilinskas, L.E. Edqvist, K. Uvnäs-Moberg and N. Lundeheim 1993c. Effects of insulin administration at weaning on hormonal patterns and reproductive performance in primiparous sows. *J. Vet. Med. A* 40: 3, 161.
- Rossi, G.L. and G. Bestetti. 1981. Morphological changes in the hypothalamic-hypophyseal-gonadal axis of male rats after twelve months of streptozotocin-induced diabetes. *Diabetologia* 21: 476.
- Rowlinson, P. and M.J. Bryant. 1976. The effect of lactation management on the incidence and timing of oestrus in lactating sows. *Anim. Prod.* 22: 139 (Abstr.).
- Rowlinson, P. and M.J. Bryant. 1982. Lactational oestrus in the sow. 2. The influence of group housing, boar presence and feeding level upon the occurrence of oestrus in lactating sows. *Anim. Prod.* 34: 283.
- SAS. 1986. SAS User's Guide: Statistics. SAS inst., Inc., Cary, NC.
- Shaw, H.J. 1984. Control of ovarian function in lactating and weaned sows. Ph. D. thesis, University of Nottingham.

- Shaw, H.J. and G.R. Foxcroft. 1985. Relationships between LH, FSH and prolactin secretion and reproductive activity in the weaned sow. *J. Rep. Fert.* 75: 17.
- Schumm, H.R., H. Bosted, P. Matzde, H. Bogner, G. Averdunk and H. Berner. 1979. Farrowing rates after oestrus induction during lactation in sows. *Bayer landw. Jb.* 56: 118.
- Smith, D.M. 1961. The effect of daily separation of sows from their litters upon milk yield, creep intake, and energetic efficiency. *N. Z. J. Agric. Res.* 4: 232.
- Soria, R.J., R. Aveldaño y C.A. Ortiz. 1987. Levantamiento fisiográfico del Estado de Querétaro. CIFAP-Guanajuato, INIFAP, SARH. México.
- Stahly, T.S., G.L. Cromwell and W.S. Simpson. 1979. Effects of full vs restricted feeding of the sow immediately postpartum on lactation performance. *J. Anim. Sci.* 49: 50.
- Stansbury, W.F., J.J. McGlone and L.F. Tribble. 1987. Effects of season, floor type, air temperature and snout cooler on sow and litter performance. *J. Anim. Sci.* 65: 1507.
- Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1985. *Bioestadística. Principios y procedimientos.* 2a Ed. McGraw-Hill. México. 226.
- Sterning, M., L. Rydhmer, L. Einarsson, S. Einarsson and K. Anderson. 1990. A study on primiparous sows of the ability to show standing oestrus and to ovulate after weaning. Influences of loss of body weight and backfat during lactation and of litter size, litter gain and season. *Acta Veterinaria Scandinavica.* 31, 227.
- Stevenson, J.S. and J.H. Britt. 1981. Interval to estrus in sows and performance of pigs after alteration of litter size during late lactation. *J. Anim. Sci.* 53: 177.
- Stevenson, J.S., N.M. Cox and J.H. Britt. 1981. Role of the ovary in controlling luteinising hormone, follicle stimulating hormone and prolactin secretion during and after lactation in pigs. *Biol. Reprod.* 24: 341.
- Stevenson, J.S. and D.L. Davis. 1984. Influence of reduced litter size and daily litter separation on fertility of sows at 2 to 5 weeks postpartum. *J. Anim. Sci.* 59, 284. Abstr.
- Sunardi, B.E.G. and E.M. Rigor. 1983. The effect of lactation length and energy intake on reproductive performance of sows at 30 days of gestation. *Separata de World Congress on Animal Production, 5. Proceedings,* 2:249.
- Svajgr, A.J., V.W. Hays, G.L. Cromwell and R.H. Dutt. 1974. Effect of lactation duration on reproductive performance of sows. *J. Anim. Sci.* 38: 100.
- Tejada, H.I. 1983. *Manual de Laboratorio para el Análisis de Ingredientes Utilizados en la Alimentación Animal.* PAIEPEME, A.C. México.
- Terqui, M., F.W. Bazer and F. Martinat-Botte. 1992. Mechanisms of high embryo survival in Meishan gilts. In *Proceedings of the International Symposium on Chinese Pig Breeds* pp 52-

- Thompson, L.H., K.L. Handford and A.H. Jensen. 1981. Estrus and fertility in lactating sows and piglets performance as influenced by limited nursing. *J. Anim. Sci.* 53:1419.
- Tokach, M.D., J.E. Pettigrew, G.D. Dial, J.E. Wheaton, B.A. Crooker and L.J. Johnson. 1992a. 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., J.E. Pettigrew, G.D. Dial, J.E. Wheaton, B.A. Crooker and Y. Koketsu. 1992b. Influence of glucose infusions on luteinizing hormone secretion in the energy-restricted, primiparous, lactating sow. *J. Anim. Sci.* 70: 2202.
- Uvnäs-Moberg, K., S. Stock, M. Eriksson, A. Linden, S. Elmsson and A. Kunavongkrit. 1985. Plasma levels of oxytocin increase in response to suckling and feeding in dogs and sows. *Acta Physiol. Scandin.* 124:391.
- van Landeghem, A.A.J. and D.F.M. van de Wiel. 1978. Radioimmunoassay for porcine prolactin plasma levels during lactation, suckling and weaning and after TRH administration. *Acta endocr. Copenh.* 88, 653.
- Varley, M.A. and D.J.A. Cofe, 1976. Studies in sow reproduction: 5. The effect of the sow on the subsequent embryonic development. *Anim. Prod.* 22:79.
- Varley, M.A. and D.J.A. Cole, 1978. Studies in sow reproduction: 6. The effect of lactation length on pre-implantation losses. *Anim. Prod.* 27:209.
- Varley M.A. and G.R. Foxcroft. 1990. Endocrinology of lactation and weaned sow. *J. Reprod. Fert. (Suppl.* 40): 47.
- Walker, C. and D.C.England. 1977. Mating of sows during lactation. *Oregon Agric. Exp. Sta. Spec. Rep.* 494:28.
- Webb J. 1992. Meishan in the mother line? *Pig International.* May., pp.18.
- Weldon, W.C., A.J. Lewis, G.F. Louis, J.L. Kovar, M.A. Giesemann and P.S. Miller. 1994a. Postpartum hypophagia in primiparous sows: 1. Effects of gestation feeding level on feed intake, feeding behaviour, and plasma metabolite concentrations during lactation. *J. Anim. Sci.* 72: 2, 387.
- Weldon, W.C., A.J. Lewis, G.F. Louis, J.L. Kovar and P.S. Miller. 1994b. Postpartum hypophagia in primiparous sows: 2. Effects of feeding level during gestation and exogenous insulin on lactation feed intake, glucose tolerance, and epinephrine-stimulated release of nonesterified fatty acids and glucose. *J. Anim. Sci.* 72: 2, 395.
- Wilmus, I., W.A. Ritchie, C.S. Haley, C.J. Ahworth and R.P. Aitken. 1992. A comparison of rate and uniformity of embryo development in Meishan and Large White pigs. *J. Reprod. Fert.* 95:45.

- Yang, H., P.R. Eastham, P. Philipps and C.T. Whittemore. 1989. Reproductive performance, body weight and body condition of breeding sows with differing body fatness at parturition, differing nutrition during lactation and differing litter size. *Anim. Prod.* 48: 181.
- Ziecik, A., J.E. Tilton, R. Weigl and G.L. Williams. 1982. Plasma luteinizing hormone during pregnancy in the pig. *Anim Reprod Sci.* 5: 213.
- Zimmerman, D.R., H.G. Spies, H.L. Self and L.E. Casida. 1960. Ovulation rate in swine as affected by increased energy intake just prior to ovulation. *J. Anim. Sci.* 19: 295.
- Zimmerman, D.R. 1972. Consequences of additional ova to variation in litter size in swine. *J. Anim. Sci.*, 34 (Suppl.1):57.