

11662
2
20j



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

EFFECTO DE LA INCLUSIÓN Y DURACIÓN DEL
SUMINISTRO DE MELAZA EN LA DIETA
SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO
Y REPRODUCTIVO DE CERDAS LACTANTES.

T E S I S

Que como requisito parcial
para obtener el grado de
Maestro en Ciencias
en el área de
Nutrición Animal

P r e s e n t a

M.V. DEBBIE M. ^{AKILIN} BELTRAN OQUENDO

A s e s o r
Dr. Alejandro Villa - Godoy

Coasesor
Dr. José Antonio Cuarón I



V N A M

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México 1995

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 está 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.

**EFFECTO DE LA INCLUSION Y DURACION DEL SUMINISTRO DE MELAZA EN LA
DIETA SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y REPRODUCTIVOS DE
CERDAS LACTANTES**

**Tesis presentada ante la Division de
Estudios de Posgrado de la
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán**

de la

**Universidad Nacional Autónoma de México
para la obtención del grado de:**

**MAESTRO EN CIENCIAS
área: NUTRICION ANIMAL
de
DEBBIE MARILIN BELTRAN OQUENDO**

Noviembre 1974

**Asesor: M.V.Z. M.Sc. Ph.D. ALEJANDRO VILLA-GODOY
Coasesor: M.V.Z. M.Sc. Ph.D. JOSE ANTONIO CUARON**

DEDICATORIAS

A mi esposo y a mi hija Andrea:

porque solo con el hecho de existir, me han dado fuerzas para seguir adelante.

A mis padres:

a los que quiero muy profundamente, les agradezco por estar siempre a mi lado, incondicionalmente.

A mis hermanos:

a los que extraño y deseo compartir mi tesis.

A mis suegros y su familia:

por su apoyo, como si fuera mi propia familia.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Dr. Alejandro Villa-Godoy, porque además de haberme transmitido sus conocimientos y gran experiencia como asesor, me brindó el apoyo, su amistad y su confianza para salir adelante.

Al Dr. José Antonio Cuarón, por su valiosa orientación, colaboración y paciencia en la realización de la tesis, y por estar en el momento más oportuno y no dejarme sola.

Al M.V.Z. Eugenio Villagómez Amézcuca, por su colaboración en la cuantificación de hormonas.

De igual manera agradezco a todas las personas del CNID-Fisiología de Ajuchitlán, Querétaro, por ser como una familia que me apoyó y me ayudó en todo el período de mi maestría.

Finalmente, agradezco al INIFAP y al PAIEPEME por otorgarme el apoyo económico en la realización de la tesis.

INDICE

DEDICATORIAS	i
AGRADECIMIENTOS	ii
INDICE DE CUADROS	iii
INDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	v
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	3
1. Consumo de alimento, balance energético y cambios en el peso y grasa corporal de cerdas lactantes ...	3
2. Factores que afectan la actividad reproductiva postdestete en las cerdas	4
2.1. Número de parto	4
2.2. Amamantamiento y duración de la lactancia	5
2.3. Nivel de energía en la dieta	5
3. Fuentes alternas de energía para las cerdas	6
3.1. Efectos de la melaza sobre el consumo de alimento y cambios de peso corporal de la cerda y sus lechones	8
3.2. Efectos de la melaza sobre el intervalo del destete al estro y la tasa de ovulación en cerdas	8
3.3. Efectos de la fructosa y la dextrosa sobre la concentración plasmática de glucosa y de insulina..	9
3.4. Efecto de la insulina sobre el eje Hipotálamo- Hipófisis-Ovario	10
4. Sumario de la revisión de literatura	11
III. HIPOTESIS	12
IV. OBJETIVO GENERAL	12
EXPERIMENTO 1	13
V. OBJETIVOS ESPECIFICOS	13
VI. MATERIALES Y METODOS	14
1. Localización	14
2. Instalaciones y manejo de animales	14
3. Tratamientos y Alimentación	14
4. Mediciones	15
5. Variables de Respuesta	17
6. Diseño y Análisis Estadístico	17
EXPERIMENTO 2	18
VII. OBJETIVOS ESPECIFICOS	18
VIII. MATERIALES Y METODOS	19
1. Sujetos Experimentales y su manejo	19
2. Muestreo Sanguíneo	19
3. Análisis de Laboratorio	19
4. Variables de Respuesta	20
5. Diseño y Análisis Estadístico	20
IX. RESULTADOS Y DISCUSION DEL EXPERIMENTO 1	21
X. RESULTADOS Y DISCUSION DEL EXPERIMENTO 2	30
XI. CONCLUSIONES	46
XII. BIBLIOGRAFIA	47

INDICE DE CUADROS

CUADRO 1.	Dietas experimentales y análisis calculado	16
CUADRO 2.	Consumo diario promedio de alimento, de energía y de proteína en cerdas multiparas durante la lactancia	22
CUADRO 3.	Efecto de la duración del suministro de melaza sobre el peso corporal y la grasa dorsal en cerdas multiparas	23
CUADRO 4.	Efecto de la duración del suministro de melaza en cerdas multiparas, sobre el comportamiento productivo de los lechones	24
CUADRO 5.	Efecto de la duración del suministro de melaza sobre el intervalo del destete al estro y la prolificidad en cerdas multiparas	27
CUADRO 6.	Consumo diario de alimento, de energía y de proteína en cerdas primiparas durante la lactancia	34
CUADRO 7.	Efecto de la duración del suministro de melaza sobre el peso corporal y la grasa dorsal en cerdas primiparas	35
CUADRO 8.	Efecto de la duración del suministro de melaza en cerdas primiparas, sobre el comportamiento productivo de los lechones	36
CUADRO 9.	Efecto de la duración del suministro de melaza sobre el intervalo del destete al estro y el número de folículos en cerdas primiparas.....	37
CUADRO 10.	Efecto de la duración del suministro de melaza sobre la concentración plasmática de glucosa (mg/dl) en cerdas primiparas	38
CUADRO 11.	Efecto de la duración del suministro de melaza sobre la concentración plasmática de insulina (Mu/ml) en cerdas primiparas	39

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.	Consumo diario de energía a través de la lactancia en cerdas multiparas	28
FIGURA 2.	Consumo diario de proteína a través de la lactancia en cerdas multiparas	29
FIGURA 3.	Concentraciones plasmáticas de glucosa. Día 24 de la lactancia	40
FIGURA 4.	Concentraciones plasmáticas de glucosa. Día 3 posdestete	41
FIGURA 5.	Concentraciones plasmáticas de insulina. Día 24 de la lactancia	42
FIGURA 6.	Concentraciones plasmáticas de insulina. Día 3 posdestete	43
FIGURA 7.	Interacción del día y el periodo de muestreo sobre la concentración plasmática de glucosa en cerdas primiparas	44
FIGURA 8.	Efecto de la duración del suministro de melaza sobre la concentración plasmática de insulina en cerdas primiparas	45

BELTRAN OQUENDO M. DEBBIE. Efecto de la inclusión y duración del suministro de melaza en la dieta sobre el comportamiento productivo y reproductivo de cerdas lactantes. (Bajo la dirección de los Doctores: ALEJANDRO VILLA-GODOY y JOSE ANTONIO CUARON IBAR-GUENGOYTIA).

RESUMEN

El objetivo fue determinar el efecto de la inclusión de melaza en la dieta y la duración de su suministro sobre la eficiencia productiva (medida por los cambios de peso y grasa dorsal de la cerda durante los periodos de lactancia y apareamiento, así como los cambios y ganancias de peso de los lechones) y reproductiva (medida por el intervalo destete a estro, desarrollo folicular y prolificidad) en cerdas primíparas y multiparas, así como su efecto sobre la concentración plasmática de glucosa e insulina durante la lactancia y posdestete en cerdas primíparas. Se realizaron dos experimentos; en el experimento 1 se usaron 65 cerdas multiparas las cuales se distribuyeron al azar a los siguientes tratamientos: suministro de la dieta sorgo-soya durante los periodos de lactancia y apareamiento (36d; SS), suministro de la dieta sorgo-soya durante la lactancia (26d) y la dieta con 35% de melaza durante el periodo de apareamiento (10d; SM) y dieta con 35% de melaza suministrada durante los periodos de la lactancia y el apareamiento (36d; MM). Para determinar el efecto de los tratamientos sobre las variables productivas, el IDE y prolificidad, se utilizó un diseño de bloques al azar en donde el criterio de bloque fue el grupo de parición. En el experimento 2 se usaron 18 cerdas primíparas las cuales fueron sometidas a los mismos tratamientos. Con la finalidad de cuantificar las concentraciones plasmáticas de glucosa e insulina se realizó un muestreo sanguíneo por un periodo de 12.5 h los días 24 de la lactancia (24L) y tres posdestete (3D); se tomaron dos muestras a intervalo de 15 min antes del suministro de alimento (periodo 1) posteriormente se tomó una muestra cada 30 min durante 6 h y una cada hora durante las 6 h siguientes (periodo 2). Las cerdas primíparas fueron sacrificadas 24 h después del inicio del estro y sus ovarios fueron colectados clasificando los folículos de acuerdo a su tamaño en: folículos pequeños (1-4 mm), medianos (4-7 mm) y grandes (mayores a 7mm). Para determinar el efecto de los tratamientos sobre las variables productivas, el IDE y el desarrollo folicular se utilizó un diseño completamente al azar. Para determinar el efecto de los tratamientos sobre la concentración plasmática de glucosa e insulina se usó un diseño de parcelas divididas con medidas repetidas. Los datos fueron analizados por análisis de varianza. En ambos experimentos el consumo diario promedio de alimento durante la lactancia fue mayor ($P < 0.01$) en el tratamiento MM en comparación con los tratamientos SS y SM, sin embargo el consumo diario promedio de energía y de proteína fue similar entre tratamientos. Los cambios en el peso corporal y el grosor de la grasa dorsal de las cerdas durante la lactancia y el apareamiento, así como los cambios de peso del lechón y de la camada y la duración del intervalo del destete al estro fueron similares entre tratamientos. En el experimento 1, el número de

lechones nacidos totales y nacidos vivos fue similar ($P > 0.05$) entre tratamientos. En el experimento 2, al utilizar sólo las cerdas que presentaron estro (3/5, 5/5 y 2/5 para los tratamientos SS, SM y MM, respectivamente) se observó un mayor número de folículos grandes ($P < 0.05$) en el tratamiento MM (22 ± 2.9) comparado con el tratamiento SS (10.6 ± 2.4). Sin embargo el número de folículos pequeños y medianos fue similar entre tratamientos. La concentración plasmática de la glucosa y la insulina antes y después del suministro de alimento fueron similares entre tratamientos y como se esperaba, la concentración plasmática de glucosa e insulina fue mayor ($P < 0.01$) después del suministro de alimento. Con relación a la glucosa se observó una interacción ($P < 0.08$) entre el día y el período de muestreo que indicó que el incremento de la concentración plasmática de glucosa después del suministro de alimento fue mayor el día 24L que el día 3D, debido al mayor consumo de alimento durante la lactancia. Por otra parte la concentración plasmática de insulina fue mayor ($P < 0.08$) el día 3D que la detectada el día 24L. Se concluye que la inclusión de melaza en la dieta y la duración de su suministro produce similares resultados que la dieta sorgo-soya sobre la eficiencia productiva en cerdas primíparas y multiparas y sobre la prolificidad en cerdas multiparas, sin embargo la inclusión de melaza durante los períodos de lactancia y apareamiento aumentó la actividad folicular medida por el mayor número de folículos grandes en las cerdas primíparas. No se encontraron evidencias que sustenten el concepto del aumento en las concentraciones de glucosa e insulina plasmáticas como parte del mecanismo por el cual el suministro de melaza podría afectar el comportamiento reproductivo postestete de la cerda.

I. INTRODUCCION

Uno de los objetivos de la industria porcícola es aumentar la eficiencia productiva de la perra. Entre las causas que limitan la productividad de la granja se encuentran el retraso en la manifestación estral después del destete y la baja prolificidad (Cole, 1992) que afectan en mayor grado a las cerdas primíparas (Love, 1979; Szarek *et al.*, 1981; Kirkwood *et al.*, 1988).

El bajo consumo de alimento en la cerda lactante (Stahly *et al.*, 1979; Moser *et al.*, 1987) evita cubrir los requerimientos para la producción de leche (Armstrong *et al.*, 1986; Forbes, 1986) lo que aumenta la utilización de las reservas corporales (Noblet y Etienne, 1986). Como consecuencia disminuye el peso y la grasa corporal que han sido asociados con anestros, presentación de estro en forma tardía (Reese *et al.*, 1982a,b; King y Williams; 1984a,b, King y Dunkin; 1986; King, 1987), reducción del número de partos al año, del número de lechones destetados, de la sobrevivencia embrionaria (Hughes *et al.*, 1984) y del tamaño de la camada subsecuente (Kirkwood *et al.*, 1988).

Se han realizado estudios para evaluar el efecto del aumento de energía en la dieta de cerdas, sobre el intervalo del parto a la manifestación del primer estro posdestete (IDE) y sobre la tasa ovulatoria. En algunos estudios el aumento de energía en la dieta disminuyó el IDE en cerdas primíparas (Reese *et al.*, 1982a,b) e incrementó la tasa ovulatoria en cerdas nulíparas (Cox *et al.*, 1987; Flowers *et al.*, 1989) y primíparas (Jones *et al.*, 1983). Sin embargo, otros autores no encontraron efecto sobre el IDE en cerdas primíparas cuando los niveles de energía evaluados fueron de 10 a 16 Mcal EM/d (Neelsen *et al.*, 1985b; Brendemuhl *et al.*, 1987); por lo que se ha sugerido que existe un nivel de consumo de energía por arriba del cual no es factible reducir el IDE (Oliva, 1990).

Por lo anterior se han realizado estudios para evaluar el uso de otras fuentes de energía como una alternativa para la alimentación de las cerdas reproductoras. Tradicionalmente la melaza de caña ha sido utilizada como texturizante o saborizante en las dietas de cerdos, con niveles no mayores del 10% (Glepacca, 1989). Recientemente las investigaciones han demostrado que con el uso de melaza en niveles mayores del 36% en la dieta, los cambios de peso de las cerdas lactantes son similares a los producidos con la dieta sorgo-soya (Angeles *et al.*, 1990; Oliva, 1990). Además, estos investigadores encontraron que con el uso de la melaza se obtuvo un mayor peso promedio del lechón al destete.

Son pocos los estudios referentes al efecto del suministro de melaza en la dieta de cerdas, sobre la actividad reproductiva posdestete. La información más relevante indica que el suministro de melaza (50%) en la dieta de cerdas nulíparas durante el ciclo estral previo a la monta (21 d) aumentó la tasa de ovulación en comparación con la observada con la dieta sorgo-soya o con aceite (20%) (Rodríguez y Cuarón, 1990). Por el contrario, cuando la

melaza (36.8%) fue suministrada a cerdas primíparas y múltíparas durante los períodos de lactancia y apareamiento (38 días) no se observó efecto en el IDE (Angeles *et al.*, 1990; Oliva *et al.*, 1991) ni en el número de lechones nacidos (Oliva *et al.*, 1991; Rodríguez y Cuarón, 1990), comparado con el observado con dietas formuladas con sorgo-soya o con aceite (13%). De estos trabajos se ha sugerido que la duración en el suministro de melaza puede ser un factor que afecte la respuesta reproductiva de las cerdas.

Existen evidencias que indican que el tipo de azúcar presente en la dieta (glucosa o fructosa) afecta la tasa de desaparición de la glucosa sérica (Coffey *et al.*, 1987) y la duración de la declinación de la insulina en el plasma, a pesar de no haberse detectado diferencias en la concentración plasmática de insulina (White *et al.*, 1984a,b; Campbell *et al.*, 1990). En otro estudio, la administración de melaza (compuesta principalmente por glucosa y fructosa) modificó el patrón de secreción de la insulina (Rodríguez y Cuarón, 1990). Por otra parte, en ratas y conejos se observó que el suministro de azúcar (sacarosa) por un tiempo prolongado disminuye la sensibilidad y (o) la secreción de la insulina en los tejidos blanco (Cohen y Tertelbaum, 1964; Turner, 1978).

El gran número de evidencias que implican a la insulina como un modulador o estimulador del eje hipotálamo-hipófisis-ovario (Steele *et al.*, 1985; Britt *et al.*, 1988; Kinder *et al.*, 1988) aunado con los hallazgos sobre los cambios en el perfil plasmático de esta hormona, producidos por el tipo de azúcar y por la duración en su suministro, ha permitido proponer que el efecto de la melaza sobre la actividad reproductiva posdestete es inducido por la insulina y que esta respuesta es dependiente del tiempo de suministro.

La escasa información del efecto de la inclusión de melaza en la dieta y la duración de su suministro sobre el comportamiento productivo y reproductivo posdestete de la cerda y sobre los cambios en el patrón plasmático de la glucosa y la insulina, han generado la necesidad de su estudio como una alternativa para aumentar la eficiencia reproductiva de la cerda y para generar información que permita aumentar nuestro conocimiento sobre los mecanismos involucrados en su posible efecto.

II. REVISION DE LITERATURA

1. CONSUMO DE ALIMENTO, BALANCE ENERGETICO Y CAMBIOS EN PESO Y GRASA CORPORAL DE CERDAS LACTANTES

Durante la lactancia el consumo de alimento de la cerda es bajo y no alcanza a cubrir sus requerimientos nutricionales (Stahly *et al.*, 1979; Moser *et al.*, 1987; Noblet *et al.*, 1988; Noblet *et al.*, 1990), lo que ocasiona un balance energético negativo que se ve reflejado por pérdidas de peso corporal y de grasa dorsal en la cerda.

El consumo de alimento está influenciado por factores que lo estimulan o lo inhiben y por limitantes fisiológicas propias del animal. Entre los factores que se han relacionado con un mayor consumo de alimento se encuentran: niveles altos de producción de leche (Yang *et al.*, 1987a,b), la multiparidad (las cerdas multiparas consumen 15% más alimento que las primiparas; Yang *et al.*, 1987a,b), la frecuencia en el consumo de alimento (tres comidas al día vs una comida; O'Grady *et al.*, 1985; Dourmand, 1988) y una mayor dilución de energía en la dieta (Armstrong *et al.*, 1986; Forbes, 1986). Por el contrario un alto nivel de alimentación durante la gestación y la temperatura ambiente arriba de la zona de confort (O'Grady *et al.*, 1985; Dourmand, 1988), disminuyen el consumo de alimento.

Entre las limitantes físicas propias de la cerda se encuentran el llenado y la distensión del tubo digestivo (Armstrong *et al.*, 1986; Forbes, 1986; Fowler *et al.*, 1981 cit Robles, 1988) los cuales cobran particular importancia cuando hay una mayor dilución de energía en la dieta, ya que el resultado final en los efectos de estos factores determinará el nivel de consumo de la cerda.

En general, en las cerdas durante la lactancia (21 a 28 días, en los sistemas modernos de explotación) se observa un balance energético negativo. Existe controversia sobre el periodo de la lactancia donde se observa el mayor desbalance energético y sobre la principal causa que lo determina. Stahly *et al.* (1979) y Verstegen *et al.* (1985) observaron que el balance energético negativo fue mayor durante el periodo de 7-14 días de la lactancia y proponen que se debe a que en este periodo no se ha restablecido por completo el consumo voluntario de alimento. Por otra parte Noblet y Etienna, (1987a) observaron que el balance energético negativo fue mayor durante los 13 a 21 días de la lactancia y proponen que la mayor excreción de energía, como consecuencia de una mayor producción de leche en este periodo, es la causa determinante del desbalance energético.

Un balance energético negativo, indica que la cerda no está cubriendo sus requerimientos para mantenimiento debido a que durante la lactancia los mecanismos homeorréticos están orientados a mantener la producción de leche, lo que produce una supre-

si3n de los mecanismos de sntesis y almacenamiento de l3pidos y un aumento en la tasa de movilizaci3n y degradaci3n de los tejidos, que conduce a una p3rdida de peso (Kennedy, 1967; Noblet y Etienne, 1986) y principalmente de grasa corporal (Etienne et al., 1982; Noblet y Etienne, 1986; Noblet y Etienne 1987a). Las p3rdidas de peso y grasa corporal son mayores en cerdas prim3paras que en multip3paras (Campbell et al., 1990) debido a las demandas energ3ticas adicionales por concepto de crecimiento (NRC, 1988) y estas p3rdidas se producen a3n proporcionando alimentos a libre consumo con dietas a base de cereales (Kirkwood et al., 1988). Tanto el bajo consumo de alimento como las p3rdidas de peso corporal y grasa dorsal han sido relacionadas negativamente con el IDE (Reese et al., 1982a,b).

2. FACTORES QUE AFECTAN LA ACTIVIDAD REPRODUCTIVA POSDESTETE EN CERDAS

Durante la lactancia, las cerdas son incapaces de reproducirse ya que se encuentran en un estado de anovulaci3n y no muestran signos de estro (Palmer et al., 1965a,b; Martin et al., 1986). Despu3s del destete se desencadena una serie de cambios hormonales que culminan en la manifestaci3n de conducta estral y ovulaciones m3ltiples.

Posiblemente el principal factor que determina el retorno de la actividad reproductiva de la cerda despu3s del destete es el nivel de nutrici3n (prote3na y energ3a) durante la lactancia (Svajgr et al., 1972; Reese et al., 1982a; Kirkwood et al., 1987a,b) y el per3odo de apareamiento (Brooks y Cole, 1972; Johnston et al., 1986), del cual dependen los cambios de peso (O'Grady et al., 1975), grasa corporal y condici3n corporal (Yang et al., 1989a,b). Otros factores que interaccionan y afectan la actividad reproductiva posdestete son: el n3mero de parto (King y Williams, 1984a,b; Neissen et al., 1985a), la duraci3n de la lactancia (Lynch, 1965; Svajgr et al., 1974), la magnitud del est3mulo del amamantamiento o n3mero de lechones (Britt y Levis, 1980; Stevenson y Britt, 1981; Britt y Levis, 1982) y la fuente energ3tica empleada entre otros (Young y King, 1981; Cox et al., 1983; Shurson et al., 1986; Gatel et al., 1987; Clark et al., 1988; Zimmerman y Kopf, 1988; Rodriguez-Marquez, 1990).

2.1. NUMERO DE PARTO

El n3mero de parto influye en el retorno de la actividad reproductiva despu3s del destete. En t3rminos generales, el primer estro se presenta entre los d3as cinco a nueve posdestete en el 80 a 90% de las cerdas (Brooks y Cole, 1972). Una mayor proporci3n (78 a 94%) de cerdas multip3paras presentan su primer estro durante la primera semana posdestete comparado al presentado en cerdas prim3paras (60 a 65%) (Maurer et al., 1985). Resultados similares han sido observados por otros autores (Strang, 1970; Love, 1979; Szarek et al., 1981; Reese, 1986; Brendemuhl et al., 1987; Campbell et al., 1990). Adem3s, las

cerdas primíparas tienen un menor número de lechones al nacimiento y al destete que el observado en las cerdas multiparas (Kirkwood et al., 1988; Yang et al., 1989a,b).

2.2. EL AMAMANTAMIENTO Y LA DURACION DE LA LACTANCIA

El amamantamiento es el principal factor que evita el retorno de la actividad ovárica. La magnitud del estímulo del amamantamiento depende de la frecuencia e intensidad de eventos de amamantamiento, lo que es determinado por el número de lechones en la camada y la duración de la lactancia. Existe una relación inversa entre el número de lechones amamantantes (Fahmy et al., 1979) y la duración de la lactancia (Moody y Speer, 1971; Cole et al., 1975) con el intervalo del destete al estro. Durante la lactancia el desarrollo de folículos ováricos es limitado y se observa una mayor población de folículos pequeños, una pequeña población de folículos medianos y pocos folículos grandes (Kunavongkrit et al., 1982; Dyck, 1983; Martin et al., 1986); incluso en lactancias prolongadas (8 semanas), el tamaño de los folículos raramente excede los 6 mm de diámetro (Palmer et al. 1965a,b; Kunavongkrit et al., 1982).

Tanto el destete temporal (6 a 12 h durante 7 días) a partir de la segunda semana de lactancia (Thompson et al., 1981; Stevenson y Davis, 1984; Kirkwood et al., 1983; Henderson y Hughes, 1984) como el destete temprano en una proporción de los lechones incrementa el porcentaje de estros (Stevenson y Davis, 1984; Henderson y Hughes, 1984). Con la separación definitiva de la camada se observa un aumento en el número de folículos de tamaño mediano y grande (5 a 10 mm) acompañado de una disminución en el número de folículos pequeños entre 60 a 96 horas postdestete (Cox y Brit 1982; Kunavongkrit et al., 1982) y algunos autores consideran que los folículos mayores a 10 mm de diámetro únicamente se observan en las cerdas próximas a la manifestación del primer estro postdestete (Cox y Britt, 1982).

2.3. NIVEL DE ENERGIA EN LA DIETA

En la cerda, la alimentación con dietas bajas en energía o bien en las cerdas que presentan una mayor pérdida de peso y grasa corporal durante la lactancia, se observa un menor porcentaje de estros (Reese et al., 1982a,b; King y Williams 1984a,b; King y Dunkin, 1986), un aumento en el IDE (Reese et al., 1982ab; Rowlinson y Bryant, 1982; King y Williams 1984ab; Armstrong et al., 1986; King y Dunkin 1986; King, 1987; Kirkwood et al., 1987ab; Mullian y Close, 1989; Rozeboom et al., 1989), una disminución en la tasa ovulatoria, en el número de lechones nacidos y destetados (Kirkwood et al., 1988) y en la sobrevivencia embrionaria (Hughes et al., 1984).

Como ha sido mencionado, el consumo de energía durante la lactancia y el apareamiento afectan la duración del IDE (Reese et al., 1982ab; Cox et al., 1983; Johnston et al., 1986). En las

cerdas alimentadas con un nivel alto de energía en la dieta durante la lactancia (16 Mcal EM/d) y bajo durante el apareamiento (5.54 Mcal EM/d) y en aquellas alimentadas con un nivel bajo de energía durante la lactancia (12.5 Mcal EM/d) y alto durante el apareamiento (9.61 Mcal EM/d) la duración del IDE fue similar (7.6 y 6.9 d) y menor al observado en cerdas alimentadas con un nivel de energía bajo durante la lactancia y el apareamiento (10.0 d) (Johnston *et al.*, 1986). De manera similar Reese *et al.* (1982ab) observaron un mayor porcentaje de estros en cerdas alimentadas durante la lactancia con una dieta alta en energía comparadas con el detectado al suministrar una dieta con baja energía (16 vs 8 Mcal EM/d). Sin embargo los resultados no son consistentes. En cerdas alimentadas durante la lactancia con diferentes niveles de energía en la dieta (10, 12 y 14 Mcal EM/d) no se encontraron diferencias en el porcentaje de cerdas que presentaron estro en diferentes intervalos después del destete (Nelissen *et al.*, 1985a). Resultados similares han sido observados por otros autores al evaluar el efecto del nivel de energía en la dieta sobre el porcentaje de estros (Tribble y Orr, 1982; Brendemuhn *et al.*, 1987; Brendemuhn *et al.*, 1989), la duración del IDE y la tasa de concepción (Tribble y Orr, 1982). Lo anterior ha permitido proponer la existencia de un nivel de consumo de energía por arriba del cual ya no es factible reducir el IDE en la primera semana posdestete (Oliva *et al.*, 1991).

El efecto del nivel de energía en la dieta sobre la tasa ovulatoria ha sido estudiado principalmente en cerdas nulíparas. Flowers *et al.* (1989) al proporcionar dietas con un nivel energético por arriba de los requerimientos de mantenimiento en cerdas nulíparas por periodos de ocho a diez días, detectaron un aumento en la tasa ovulatoria. Estos resultados son consistentes con los observados por otros investigadores (Brooks y Cooper, 1972; Dailey *et al.*, 1975; Cox *et al.*, 1987). De manera similar, el aumento del nivel de energía en dietas de cerdas primíparas por un periodo de 12 días antes del estro, incrementó la tasa de ovulación (May y Schomberg, 1981; Jones *et al.*, 1983).

3. FUENTES ALTERNAS DE ENERGIA PARA CERDAS

En las granjas porcícolas, el principal costo es la alimentación de los cerdos, que fluctúa entre el 60 al 85% del costo total de producción (Shimada, 1987; Figueroa, 1989). El sorgo es la principal fuente energética usada en el balanceo de raciones para cerdos, sin embargo, México no es autosuficiente en la producción de este grano (Lozano y Villagomez, 1986); en 1990 se importó el 50% de sorgo consumido en el país (Mazon, 1991). Lo anterior ha generado la necesidad de buscar nuevos ingredientes en la dieta de cerdos que disminuyan la demanda de granos.

Se han realizado investigaciones sobre el uso de diferentes fuentes de energía en la dieta de cerdas con la finalidad de aumentar el consumo voluntario de nutrientes durante la lactancia (Oliva, 1990), para mejorar la condición corporal al momento del destete y con ello acortar el intervalo al primer estro pos-

destete (Reese *et al.*, 1982a,b; Cox *et al.*, 1983; Johnston *et al.*, 1986; Shurson *et al.*, 1986; Coffey *et al.*, 1994) y para aumentar la tasa de ovulación (May y Schomberg, 1981; Jones *et al.*, 1983; Cox *et al.*, 1987). La manipulación de las diferentes fuentes energéticas en la dieta como el almidón, los monosacáridos y la grasa, pueden ejercer efectos metabólicos específicos y alterar factores endocrinos maternos (Steele *et al.*, 1985) que permitan aumentar la productividad y mejorar la eficiencia reproductiva de las cerdas (Oliva *et al.*, 1991).

La inclusión de grasas de origen animal o vegetal en la dieta de cerdas ha tenido un efecto positivo sobre la sobrevivencia de la camada (Coffey *et al.*, 1987), el peso de la camada (Shurson *et al.*, 1986), la producción de leche y los cambios de peso corporal y de grasa dorsal de la cerda (Coffey *et al.*, 1987). Sin embargo, la inclusión de grasa en la dieta de cerdas lactantes (Gallardo y Dobler, 1984; Kirkwood *et al.*, 1988) o durante el apareamiento (Gallardo y Dobler, 1984; Rodríguez-Marquez, 1990), no se logró reducir el IDE con relación a cerdas alimentadas con las dietas convencionales. Al utilizar aceite en la dieta de cerdas gestantes y lactantes, Steele *et al.* (1985) observaron una disminución en la concentración máxima de glucosa durante la gestación y una reducción en la concentración de insulina durante la gestación y lactancia con relación a la observada con la dieta sorgo-soya, lo que indica que el consumo de dietas con grasas producen un menor estímulo del páncreas para la liberación de insulina en comparación con la dieta sorgo-soya.

La melaza es una fuente alterna proveedora de energía, que puede ser utilizada en la dieta de cerdos. En México, durante la zafra de 1988-1989 se produjeron 1'357,494 ton. de melaza, de las cuales el 42.95% (583.052 ton.) se destinó al sector agropecuario. Se estima que el 30% del total producido fue usado en la alimentación del ganado, del cual el 70% fue consumido por ruminantes (Azúcar, SA. 1990).

La melaza de caña o miel final, esta constituida principalmente por un disacárido, la sacarosa (35%) y dos monosacáridos, la fructosa (10%) y la glucosa (8%), con un alto contenido de cenizas (9.5%), bajo contenido protéico (2.5 a 4.5%), del cual solo el 50% se considera proteína verdadera (Soriano, 1982; Loeza *et al.*, 1987) y con un valor energético promedio de 2.34 Mcal de EM/kg que representa el 72.5% de la energía metabolizable que proporciona el sorgo en la dieta de cerdos (Fernández y Cuarón, 1989). Tradicionalmente la melaza de caña ha sido utilizada en niveles no mayores al 10% en la dieta de cerdos como texturizante o saborizante (Glepacea, 1989).

Se han observado algunos inconvenientes cuando la inclusión de melaza se incrementa (Loeza *et al.*, 1987). Entre ellos se encuentran; diarreas (Soriano, 1982) y problemas de mezclado, almacenaje y distribución de la melaza. Los problemas de mezclado se pueden resolver con el uso de una enmelazadora en concentraciones de hasta 40% de melaza, sin afectar cantidades o tiempo de mezclado en la planta de alimentos (A.F.M.A. 1982).

3.1. EFECTO DE LA MELAZA SOBRE EL CONSUMO DE ALIMENTO Y CAMBIOS DE PESO CORPORAL DE LA CERDA Y SUS LECHONES

La inclusión de melaza (36%) en dietas de cerdas lactantes, primíparas y multiparas, produjo pérdidas de peso similares a las observadas con las dietas sorgo-soya y aceite (12%). No obstante que el consumo de alimento fue mayor con la dieta de melaza, el consumo de energía y de proteína fue similar entre dietas (Angeles *et al.*, 1990; Oliva *et al.*, 1991). Lo anterior implica que la dilución de energía en la dieta, debido a la inclusión de melaza, es compensada con un aumento en el consumo de alimento, resultando en consumos isoenergéticos e isoproteicos, con respecto a dietas formuladas con granos. En estos estudios se observó un mayor peso promedio del lechón (Angeles *et al.*, 1990) y de la camada al destete (Angeles *et al.*, 1990; Oliva *et al.*, 1991) de las cerdas alimentadas con melaza. Sin embargo, no se encontraron diferencias en la composición ni en la producción de leche en las cerdas alimentadas con melaza.

De manera similar a lo observado en la cerda lactante, la inclusión de melaza en la dieta de cerdas en desarrollo produjo ganancias de peso similares (Blanco *et al.*, 1964; Obando *et al.*, 1969; Soriano, 1982; Fernández y Cuarón, 1989; Hernandez *et al.*, 1987; Cervantes 1991), un aumento en el consumo de alimento y una menor eficiencia alimenticia (Blanco *et al.*, 1964; Fernández y Cuarón, 1989) a la observada con las dietas de cereales. Fernández y Cuarón (1989) observaron que la inclusión de melaza (30%) en la dieta de cerdos, aumentó la tasa de paso y disminuyó la digestibilidad de la materia seca, de la energía y del nitrógeno; sin embargo no detectó diferencias en el N retenido en función del digerido comparado con la dieta sorgo-soya.

3.2. EFECTO DE LA MELAZA SOBRE EL INTERVALO DEL DESTETE AL ESTRO Y LA TASA DE OVULACION EN CERDAS

La información sobre el efecto de la melaza en la duración del IDE y en la tasa ovulatoria es escasa. En cerdas multiparas la inclusión de melaza en niveles de 65% (Arias *et al.*, 1983) y 50% (Rodríguez y Cuarón, 1990) en la dieta, durante el periodo de apareamiento (10 d) no afectó la duración del IDE ni la prolificidad comparado con lo observado con la dieta sorgo-soya. Resultados similares sobre el IDE y la tasa ovulatoria fueron observados cuando la dieta con melaza (36.8%) fue suministrada durante la lactancia (25 d) y el apareamiento (10 d) en cerdas primíparas y multiparas (Angeles *et al.*, 1990; Oliva *et al.*, 1991).

Por el contrario, cuando la dieta con melaza (50%) fue suministrada a cerdas nulíparas durante el ciclo estral previo a la monta se observó una mayor tasa de ovulación, medida por el número de cuerpos lúteos, en comparación con la dieta de sorgo-soya (Rodríguez y Cuarón, 1990).

En los pocos estudios presentados, la inclusión de melaza en la dieta de cerdas lactantes no afectó el IDE y aumentó la tasa ovulatoria pero no de forma consistente. No existe información sobre el efecto de la duración del suministro de melaza en la dieta de cerdas primíparas (que como ha sido mencionado presentan un mayor intervalo del destete al estro), ni ha sido evaluado en el mismo estudio el efecto de la duración del suministro de melaza sobre el IDE y la tasa de ovulación en cerdas múltiparas.

3.3. EFECTO DE LA FRUCTOSA Y LA DEXTROSA SOBRE LA CONCENTRACION PLASMÁTICA DE GLUCOSA E INSULINA.

Existe un gran número de evidencias que indican que la insulina es la señal o una de las señales principales que estimulan al eje Hipotálamo-Hipófisis-Ovario (Havrankova *et al.*, 1978; Adashi *et al.*, 1981; Spicer *et al.*, 1993). Por lo anterior se ha sugerido que estímulos energéticos que induzcan un aumento en la concentración plasmática de insulina podrían favorecer la actividad reproductiva (Steele *et al.*, 1985; Britt *et al.*, 1988; Kinder *et al.*, 1988).

Se conoce que las fuentes energéticas como la glucosa y la fructosa, así como productos de su metabolismo como el D-glicer-aldehído inducen un incremento en la concentración sérica de la insulina de diferente magnitud y/o duración (Calvin *et al.*, 1984; White *et al.*, 1984a,b; Campbell *et al.*, 1990). Se ha sugerido que la fructosa puede potencializar la liberación de insulina inducida por glucosa (Curry *et al.*, 1972) y debido a que la fructosa es transformada en glucosa y D-glicer-aldehído (Jain *et al.*, 1975) es posible que el suministro de fructosa produzca un patrón diferente en la secreción de insulina al inducido por la glucosa.

White *et al.* (1984ab) al suministrar fructosa (24%) a cerdas lactantes observaron un mayor pico y una mayor concentración media de glucosa plasmática y una menor concentración media de insulina en comparación con la inducida con dextrosa (24%) y con sorgo-soya. Por el contrario, Campbell *et al.* (1990) al suministrar fructosa (20%) a cerdas lactantes encontraron un menor pico y una menor concentración media de glucosa plasmática en comparación con la inducida por dextrosa (20%) y no se detectó diferencia en la concentración plasmática de insulina. No obstante los efectos contradictorios observados, en ambos estudios la declinación de las concentraciones de glucosa e insulina inducido por fructosa ocurrió más lentamente comparado con el inducido con dextrosa (White *et al.*, 1984ab; y Campbell *et al.*, 1990). Además, en el mismo estudio White *et al.* (1984b) encontraron una correlación positiva en las concentraciones de fructosa y glucosa plasmáticas en cerdas alimentadas con fructosa, por lo que sugirieron que la fructosa puede convertirse en glucosa en cantidades apreciables o que la fructosa tiene un efecto económico de glucosa aumentando la disponibilidad de nutrientes.

Por otro lado, se ha observado que el suministro de dietas ricas en sacarosa en ratas y conejos (Cohen y Tertelbaum, 1964;

Turner, 1978) por un período largo (6 meses) produjo un deterioro en la tolerancia a glucosa y una disminución en la sensibilidad a insulina que puede o no estar relacionada con cambios en la secreción de dicha hormona. De igual forma, se ha observado que en ratas genéticamente obesas donde las concentraciones de glucosa e insulina permanecen altas, la sensibilidad de la insulina en los tejidos periféricos fue disminuida (Cushman *et al.*, 1978; Crettaz *et al.*, 1980; Terrettaz *et al.*, 1986). Existen evidencias que indican que la disminución en la sensibilidad a insulina se encuentra a nivel de receptores y posreceptores (Crettaz y Jeanrenaud, 1980).

Por otra parte, existe escasa e inconsistente información del efecto de la melaza (compuesta principalmente de glucosa, fructosa y sacarosa) sobre la concentración plasmática de la glucosa y la insulina. Cervantes (1991) al suministrar a cerdos en finalización diferentes niveles de melaza en la dieta (0, 15 y 30%) no detectó diferencias en la concentración plasmática de glucosa, insulina y urea comparada con la observada con la dieta sorgo-soya. Por el contrario, Rodríguez y Cuarón (1990) al suministrar a cerdas nulíparas una dieta con melaza (50%) durante el ciclo estral previo a la monta, observaron una mayor concentración de glucosa e insulina plasmáticas a la quinta hora después de haber suministrado el alimento, comparada con la inducida con la dieta sorgo-soya. Los autores sugieren que este efecto pudo ser producido por un estado hiperinsulinémico debido al alto contenido en fructosa y glucosa de la melaza y/o por un aumento de la frecuencia en el consumo voluntario que indujo un incremento sostenido en la concentración de glucosa e insulina.

3.4. EFECTO DE LA INSULINA SOBRE EL EJE HIPOTALAMO-HIPOFISIS-OVARIO.

Aunque se desconoce el mecanismo preciso por el cual la insulina afecta los procesos reproductivos, existen un gran número de evidencias que indican su participación en la actividad reproductiva. Entre las evidencias se encuentran: 1) En hipotálamo se han detectado altas concentraciones de insulina (Baskin *et al.*, 1983) y de sus receptores (Havrankova *et al.*, 1978); 2) La administración de insulina aumentó la concentración plasmática de la LH en cerdas (Jones *et al.*, 1983) y la síntesis de gonadotropinas en células de la pituitaria de rata (Adashi *et al.*, 1981); 3) La aplicación de insulina induce un incremento en la actividad esteroideogénica en folículos ováricos (May y Schomberg, 1981; Veldhuis *et al.*, 1985; Veldhuis *et al.*, 1986; Mauro *et al.*, 1988; Spicer *et al.*, 1993) y en los cuerpos lúteos de cerdas (Ladenheim *et al.*, 1984; Spicer *et al.*, 1993) e induce un aumento en la tasa de ovulación en cerdas nulíparas (Jones *et al.*, 1983; Cox *et al.*, 1987) y 4) la administración de insulina potencializa la acción de la FSH sobre el número de receptores para LH/HCG en las células de la granulosa de cerdas (May *et al.*, 1980) y estimula la proliferación de las células foliculares porcinas (Cox *et al.*, 1987; May y Schomberg, 1988; Spicer *et al.*, 1993).

4. SUMARIO DE LA REVISION DE LITERATURA

La melaza de caña ha sido usada como una alternativa para suplir parte de las demandas de sorgo como fuente energética de la dieta en cerdas reproductoras. Los estudios realizados indican que la inclusión, a diferentes niveles, de melaza en la dieta, no producen efectos adversos sobre los cambios de peso de las cerdas lactantes e incluso en algunos estudios se observó un aumento en el peso promedio del lechón y de la camada, en comparación a la dieta sorgo-soya.

Son pocos los estudios referentes al efecto del suministro de melaza en la dieta de cerdas sobre el reinicio de la actividad reproductiva postdestete. Los hallazgos más relevantes indican que el suministro de melaza (50%) durante un ciclo estral en cerdas nuliparas aumentó la tasa de ovulación en comparación con las dietas de sorgo-soya y aceite. Por otra parte, cuando la melaza fue suministrada a cerdas primiparas y multiparas (36%) durante los periodos de lactancia y apareamiento (38 d) y en cerdas multiparas (50%) durante el apareamiento (10 d), no se observó efecto sobre el IDE, ni en el número de lechones nacidos vivos y totales al parto posterior del suministro de las dietas, comparada con las dietas de sorgo-soya y aceite. Lo anterior sugiere que la respuesta al suministro de melaza puede estar afectada por el estado fisiológico de la cerda, por el tiempo de suministro de la melaza, por el nivel de inclusión o por una combinación de estos factores.

El mecanismo de acción por el cual la melaza puede modificar las variables reproductivas es incierto. Hay un gran número de evidencias que implican a la insulina como un modulador o estimulador del eje hipotálamo-hipófisis-ovario. Se ha sugerido que estímulos energéticos que induzcan un aumento en la concentración plasmática de insulina, podrían favorecer la actividad reproductiva. Al respecto, en cerdas nuliparas alimentadas con melaza (50%) durante el ciclo estral previo a la monta, se observó una mayor concentración plasmática de glucosa e insulina a la quinta hora después de haber suministrado el alimento, en comparación con la dieta sorgo-soya. Aunado a esto, existen evidencias que indican que el tipo de azúcar presente en la dieta (glucosa o fructosa) afecta la concentración o el perfil plasmático de glucosa e insulina; donde la declinación en las concentraciones plasmáticas de glucosa e insulina ocurrió más lentamente en cerdas alimentadas con fructosa, comparado con la detectada en cerdas alimentadas con dextrosa o sorgo-soya. Por otra parte, existen evidencias que indican que el tiempo de suministro de la fuente energética afecta las concentraciones plasmáticas de insulina y glucosa. Se ha observado que el suministro de dietas ricas en sacarosa por un periodo largo produjo una disminución en la tolerancia a la glucosa y una disminución en la sensibilidad a insulina que puede o no estar relacionada con cambios en la secreción de dicha hormona. Esta información permite proponer la posibilidad de que la melaza pueda afectar la respuesta reproductiva debido a su composición de carbohidratos y que a su vez dicha respuesta pueda ser afectada por la duración en su suministro

III. HIPOTESIS

La inclusión de melaza en la dieta de cerdas primiparas y multiparas, aumenta la eficiencia productiva de la cerda y los lechones durante la lactancia.

El suministro de melaza por un corto periodo (durante el apareamiento) reduce el intervalo del destete al estro, estimula el desarrollo folicular y aumenta la prolificidad de la cerda, en relación a una dieta sorgo-soya y al suministro de melaza por un periodo largo (durante la lactancia y el apareamiento).

El suministro de melaza en cerdas primiparas por un periodo corto induce una respuesta posparto de glucosa e insulina de mayor duración a la inducida por el suministro de la dieta sorgo-soya o de melaza por un periodo largo.

IV. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la respuesta productiva y reproductiva de las cerdas multiparas y primiparas cuando son alimentadas durante diferentes periodos con melaza de caña y determinar el efecto de la inclusión de melaza y la duración de su suministro sobre las concentraciones plasmáticas de glucosa e insulina en cerdas primiparas.

EXPERIMENTO 1

V. OBJETIVOS ESPECIFICOS

Determinar los efectos de la inclusión de melaza en la dieta y la duración de su suministro en cerdas multiparas sobre:

- A) Los cambios en el peso corporal y el espesor de la grasa dorsal de las cerdas durante la lactancia y el apareamiento.
- B) Los cambios en el peso corporal y las ganancias de peso de sus lechones.
- C) El retorno de la actividad reproductiva y la prolificidad de las cerdas.

VI. MATERIALES Y METODOS

1. Localización

El experimento fue conducido en las instalaciones del CNIF y MA, localizado en el municipio de Colón, estado de Querétaro, a 1950 msnm, con clima semiseco templado Aw, caracterizado por lluvias en verano, precipitación pluvial de 500-600 mm y temperatura media anual de 14 C (Soria *et al.*, 1987).

2. Instalaciones y Manejo de animales

Se usaron 65 cerdas multiparas producto de cruzamientos alternos de Landrace por Duroc. A partir del día 109 de gestación y hasta el destete, las cerdas fueron alojadas en jaulas individuales de maternidad con piso de rejilla, comedero, bebedero de chupón y lechonera con fuente de calor (foco de 100 watts). Durante el período de apareamiento (comprendido del destete a la monta), las cerdas fueron mantenidas en corrales colectivos (4 a 5 cerdas) con piso de cemento, comedero de batea y bebedero de chupón. Después del período de apareamiento y hasta el día 109 de gestación, las cerdas fueron alojadas en jaulas individuales con piso de cemento, comederos de batea y bebedero de chupón.

El manejo de los lechones consistió en la aplicación de hierro e identificación en las primeras 16 h de vida y castración de los lechones machos 14 días después del nacimiento. En las primeras 24 h después del nacimiento las camadas fueron homogenizadas para obtener por lo menos ocho lechones por cerda. El destete se realizó entre las 1100 y 1200 h, en principio, cuando la primera cerda de cada grupo de parición cumplió 28 días de lactancia, por lo que la duración de la lactancias tuvo un rango de 21 a 28 días ($24,5 \pm 3$ d).

Durante el período de apareamiento, se observó la conducta de estro dos veces al día, durante una hora (0700 y 1600) con la ayuda de verracos. El inicio del estro fue considerado cuando la cerda acepto la primera monta. Las cerdas recibieron tres montas a intervalos de 12 h a partir de la aceptación del macho. Con la finalidad de no perder observaciones, las cerdas que no presentaban estro durante los primeros 10 días postdestete, se asignó éste día como el día del estro.

3. Tratamientos y alimentación

Se formularon dos dietas (Cuadro 1) a partir del análisis del contenido protéico de los ingredientes (Tejada, 1983), con base en grano de sorgo y pasta de soya y con un porcentaje de inclusión de melaza en la dieta de 0 y 35%, según el tratamiento. Las dietas experimentales fueron formuladas por programación lineal, para ajustar la concentración de proteína cruda, lisina, treonina, calcio y fósforo según Fernández y Cuaron (1990); para compensar el efecto de la melaza sobre la disminución de Energía Metabolizable (EM) y la digestibilidad. De esta forma se permitió

un consumo isoenergético e isoproteico al proporcionar la dieta en forma restringida, con lo que se cubrieron o excedieron los requerimientos nutricionales establecidos por el NRC (1988).

Los tratamientos fueron la combinación de la dieta y el tiempo de suministro: SS, dieta sorgo-soya suministrada en los periodos de la lactancia y el apareamiento (36 d); SM, dieta sorgo-soya durante la lactancia (26 d) y la dieta con 35% de melaza durante el apareamiento (10 d); MM, dieta con 35% de melaza suministrada durante los periodos de la lactancia y el apareamiento (36 d).

Durante la gestación previa a la etapa experimental, todas las cerdas recibieron 2.0 kg/día (NRC, 1988) de una dieta elaborada a base en sorgo y soya con 3.0 Mcal EM/kg y 12% de Proteína Cruda. Con la finalidad de adaptar a las cerdas del tratamiento MM al cambio de dieta, esta fue suministrada 6 días antes de la fecha probable de parto a razón de 3.6 kg/día. Un día después del parto y hasta 36 h antes del destete, el suministro de las dietas experimentales durante la lactancia fue incrementado de forma gradual (no más de 1 kg por día), hasta alcanzar el consumo voluntario máximo. Durante la época de apareamiento las cerdas del tratamiento SS recibieron 3.0 kg/día de la dieta sorgo-soya. Las cerdas de los tratamientos SM y MM recibieron 3.6 kg/día de la dieta con 35% de melaza.

Para facilitar el secado de la ubre las cerdas permanecieron sin alimento 24 h antes y 24 h después del destete. Los lechones no recibieron alimentación adicional durante la lactancia.

El consumo diario de alimento de las cerdas fue medido y registrado durante toda la lactancia. Con fines de constatación del mezclado, cada siete días se tomaron muestras de las dietas experimentales para determinar su porcentaje de proteína cruda por el método de Kjeldahl (Tejada, 1983).

El cálculo de energía biodisponible de la melaza (Y) en las dietas a base de grano de cereal-pasta de oleaginosa, se hizo con la ecuación de regresión recomendada por Fernández y Cuarón (1989):

$$Y = 3.61 - 0.02 (X)$$

X= porcentaje de inclusión de melaza en la dieta.

4. Mediciones

Las cerdas fueron pesadas los días 109 de gestación, el día del parto, el día del destete y al final del periodo de apareamiento. Los lechones fueron pesados individualmente al nacimiento, a los 14 días de vida y al destete.

CUADRO 1. DIETAS EXPERIMENTALES Y ANALISIS CALCULADO

INGREDIENTES (%)	SORGO-SOYA	MELAZA
Sorgo	74.50	41.71
Pasta de soya	21.53	20.07
Melaza	—	35.00
L-lisina	0.090	0.052
Fosfatos	2.398	2.416
Carbonato de Ca	0.688	0.018
Vitaminas **	0.150	0.135
Minerales *	0.400	0.360
Sal común	0.250	0.225
ANALISIS CALCULADO %		
Proteína Cruda	16.00	10.41
EM Mcal/kg	3.11	2.73
Lisina	0.75	0.66
Treonina	0.55	0.47
Triptófano	0.20	0.16
Metionina + Cistina	0.52	0.40
Calcio	0.55	0.55
Fósforo	0.75	0.66

* mg/kg: Mn, 19.19; Mg, 8.49; Zn, 99.75; Fe, 89.2; Cu, 7.7; I, 0.36; Co, 0.76; Se, 0.09; K, 0.12.

** U1/kg: Vit A; D3 y E (3,300, 330 y 22, respectivamente). mg/kg: riboflavina, 1.1; niacina, 27 y pantotenato de calcio 0.5. Colina 0.11 g/kg.

La medición del grosor de la grasa dorsal de la cerda se realizó el día 109 de gestación y el día del destete, mediante la inserción de una regleta metálica en incisiones hechas en la piel, a 3 cm de la línea media a la altura de la primera costilla, la última costilla y la última vertebra lumbar. El dato analizado fue el promedio de las tres mediciones (Hazel y Kline, 1959).

5. Variables de Respuesta

- Consumo diario promedio de alimento, de energía y de proteína durante la lactancia.
- Cambios de peso corporal de las cerdas en los intervalos del parto al destete y del destete al final del periodo de apareamiento.
- Cambios en el grosor de la grasa dorsal de las cerdas en el intervalo del día 109 de gestación al destete.
- Cambios en el peso corporal de los lechones y de la camada, así como la ganancia de peso de la camada del nacimiento al destete.
- Duración del intervalo del destete al inicio del estro.
- Prolificidad, definida como el número de lechones nacidos vivos o nacidos totales (vivos, muertos y momias) en el parto subsecuente al suministro de las dietas experimentales.

6. Diseño y Análisis Estadístico

Se empleó un diseño de bloques al azar (Steel y Torrie, 1980) donde el criterio de bloque fue el grupo de parición (9 bloques con 6 a 11 animales por bloque) y los tratamientos fueron asignados al azar en cada bloque. Los datos fueron examinados por análisis de varianza usando el procedimiento de modelos lineales generales (SAS, 1985). Las medias de los tratamientos se compararon por el método de diferencia mínima significativa de Fisher con la opción PDIFF de SAS.

La duración de la lactancia (DL) se usó como covariable para las variables: cambios de peso y grasa dorsal de las cerdas y la duración del intervalo del destete al primer estro. Para la variable peso del lechón al destete se usó como covariables el peso del lechón al nacimiento (PLN) y DL. Para las variables relacionadas con el cambio y ganancia de peso de la camada, se usó como covariables el peso de la camada al nacimiento (PCN) y DL. Para las variables número de lechones nacidos totales y nacidos vivos al parto posterior del suministro de las dietas, se incluyó en el modelo el efecto de número de parto agrupando las cerdas de 2 a 3 partos, de 4 a 5 partos, de 6 a 7 partos y más de 8 partos.

EXPERIMENTO 2

VII. OBJETIVOS ESPECIFICOS

Determinar el efecto de la inclusión de melaza en la dieta y la duración de su suministro en cerdas primíparas sobre:

- A) Los cambios del peso corporal y el espesor de la grasa dorsal de las cerdas durante la lactancia.
- B) Los cambios en el peso corporal y ganancias de peso de los lechones.
- C) El retorno de la actividad reproductiva.
- D) El número de los folículos ováricos durante el estro.
- E) La concentración plasmática de glucosa e insulina.

VIII. MATERIALES Y METODOS

1. Sujetos experimentales y su manejo

Se usaron 18 cerdas primiparas producto de un cruzamiento alterno Landrace por Duroc, las que fueron sometidas al manejo, la alimentación, las mediciones y los tratamientos descritos en el Experimento 1, excepto cuando se indique.

Con la finalidad de conocer el efecto de las dietas experimentales y el tiempo de su suministro sobre las concentraciones plasmáticas de la insulina y la glucosa durante la lactancia y después del destete, se realizó un muestreo sanguíneo intensivo, el día 24 de la lactancia (24L) y el día 3 postdestete (3D); para lo cual las cerdas fueron canuladas el día 20 de la lactancia por el método descrito por Cervantes (1990).

La lactancia tuvo una duración de 26 días. Durante la época de apareamiento (comprendida del destete hasta los 10 días siguientes) se detectaron estros dos veces al día durante una hora (0700 y 1600) mediante el uso de verracos. Veinticuatro horas después de iniciada la manifestación del estro, las cerdas fueron sacrificadas y sus ovarios fueron colectados para registrar el número y el diámetro de los folículos ováricos, los cuales fueron clasificados en folículos pequeños (1 a 4 mm), medianos (4 a 7 mm) y grandes (mayores a 7 mm).

2. Muestreo Sanguíneo

El muestreo intensivo se realizó por un periodo de 12.5 h en los días 24L y 3D con la siguiente frecuencia de muestreo: Periodo 1, dos muestras sanguíneas a intervalo de 15 minutos antes de suministrar el alimento; Periodo 2, una muestra cada 30 minutos durante las primer seis horas a partir del suministro del alimento y una muestra cada hora durante las seis horas siguientes. Las muestras fueron obtenidas en tubos heparinizados (10 UI de heparina/ml de sangre) y fueron centrifugadas a 2,796 xg por 15 min para obtener el plasma, el cual fue congelado a -20 C hasta la posterior cuantificación de la glucosa y la insulina.

3. Análisis de Laboratorio

La cuantificación de las concentraciones de insulina se realizó mediante la técnica de radioinmunoensayo (RIA), en un sistema de doble anticuerpo, heterólogo, utilizando un estuche comercial (125 I Insulin Kit, de Amersham Internacional Pic.). Debido a que seis de los diez estuches fueron de un lote diferente, se corroboró la similitud entre lotes de las pendientes y los interceptos de las curvas de regresión mediante un análisis de varianza. Los coeficientes de variación intra ensayo de los controles con concentración alta, media y baja fueron 2.28, 8.64, 10.0%, respectivamente y los coeficientes de variación inter ensayo para las mismas concentraciones fueron 17.17, 20.13, 21.55%, respectivamente.

Las concentraciones de glucosa fueron cuantificadas por el método de glucosa oxidasa, mediante el uso de un estuche comercial (Glucosa Trinder 740393, de Merck México, S.A.) y su lectura se realizó en un espectrofotómetro.

4. Variables de Respuesta

- Consumo diario promedio de alimento, de energía y de proteína durante la lactancia.
- Cambios en el peso corporal de las cerdas en el intervalo del parto al destete.
- Cambios en el grosor de la grasa dorsal de las cerdas en el intervalo del día 109 de gestación al destete.
- Cambios en el peso corporal de los lechones y de la camada, así como la ganancia de peso de la camada del nacimiento al destete.
- Duración del intervalo del destete al inicio del primer estro.
- Número de folículos ováricos durante el estro, clasificados en las siguientes categorías de tamaño: 1 a 4 mm, 4 a 7 mm y mayores a 7 mm de diámetro.
- Concentración plasmática de glucosa e insulina antes y después del suministro de alimento, en los días 24 de lactancia y 3 posdestete.

5. Diseño y Análisis Estadístico

Para responder a los objetivos A, B, C y D se usó un diseño completamente al azar. Para la variable peso del lechón al destete se usó como covariable PLN y para las variables relacionadas con los cambios y la ganancia de peso de la camada se usó la covariable PCN.

Los datos fueron examinados por análisis de varianza usando el procedimiento de modelos lineales generales (SAS, 1985). Las medias de los tratamientos se compararon por el método de diferencia mínima significativa de Fisher con la opción PDIFF de SAS.

Para responder al objetivo E se usó un diseño de parcelas subdivididas con medidas repetidas, donde las parcelas fueron las cerdas que recibieron al azar uno de tres tratamientos, mientras que las subparcelas fueron los días de muestreo (24L vs 3D). Las subsubparcelas fueron los periodos de muestreo previo (periodo 1) y posterior (periodo 2) al suministro de alimento.

IX. RESULTADOS Y DISCUSION DEL EXPERIMENTO 1

El consumo diario de alimento (Cuadro 2) de las cerdas durante la lactancia fue 13% mayor en el tratamiento MM ($P < 0.01$) en comparación con los tratamientos SS y SM. Sin embargo, el consumo diario promedio de energía y de proteína ($P > 0.10$) fueron similares entre tratamientos, lo que indica que la cerda compensa la dilución de energía producida por la inclusión de melaza en la dieta aumentando su consumo. Esto confirma el criterio de formulación como apropiado para alcanzar consumos isoenergéticos e isotrópicos para dietas con 35% de melaza en cerdas multiparas lactantes.

En consecuencia del consumo isotrópico e isoenergético de las cerdas, los cambios en el peso corporal en los diferentes intervalos después del parto, así como el cambio en el grosor de la grasa dorsal fueron similares ($P > 0.10$) entre los tratamientos (Cuadro 3). Resultados similares fueron obtenidos por Angeles *et al.* (1990) y Oliva (1990), al suministrar melaza (36.8%) en la dieta de cerdas primiparas y multiparas durante la lactancia y el apareamiento. Consecuentemente la información generada en la presente tesis confirma que la melaza incluida en la dieta, en una proporción mayor al 30%, produce un consumo de nutrimentos durante la lactancia similar al que resulta de dietas basadas en cereales.

El número de lechones al nacimiento y al destete (10.6 y 9.0, 10.2 y 8.8, 9.0 y 8.5 para SS, SM, MM, respectivamente) durante el suministro de las dietas experimentales, no fue diferente entre tratamientos, lo que descarta la posibilidad de un efecto confundido debido al tamaño de la camada sobre el peso del lechón al destete, de la camada y la ganancia de peso de la misma, los cuales fueron similares ($P > 0.10$, Cuadro 4). Estos resultados concuerdan con los observados por Johnston *et al.* (1994) al suministrar melaza a cerdas multiparas durante la lactancia y difieren de los obtenidos por otros autores, quienes encontraron un mayor peso del lechón al destete al alimentar a las cerdas con melaza (Oliva *et al.*, 1991; Angeles *et al.*, 1990). No obstante, en los estudios citados no se observó diferencia en la producción de leche o sobre la composición de la misma que permita explicar la mayor ganancia de peso de los lechones.

Para las variables duración del intervalo del destete al estro, así como para el número de lechones nacidos totales y nacidos vivos al parto posterior del suministro de las dietas se perdieron 3, 4 y 5 observaciones para los tratamientos SS, SM y MM respectivamente, debido a que éstas cerdas fueron eliminadas del experimento por edad o por mastitis. La duración del intervalo del destete al estro en las cerdas multiparas (Cuadro 5) fue similar entre los tratamientos ($P > 0.10$). Resultados similares fueron obtenidos al suministrar melaza (65 ó 50%) en cerdas multiparas durante el apareamiento (Arias *et al.*, 1985; Rodríguez y Cuaron, 1990) y al suministrar melaza (36.8%) durante los períodos de lactancia y apareamiento (Oliva *et al.*, 1991; Angeles *et al.*, 1990). Lo anterior confirma que la inclusión de melaza en

CUADRO 2. CONSUMO DIARIO DE ALIMENTO, DE ENERGIA Y DE PROTEINA EN CERDAS MULTIPARAS DURANTE LA LACTANCIA.

CONSUMO Núm	SS* 21	SM 21	MM 23
Alimento (kg/d)	6.5 ± 0.18 ^a	6.5 ± 0.17 ^a	7.5 ± 0.16 ^b
Energía (Mcal EM/d)	20.3 ± 0.52	20.4 ± 0.50	20.6 ± 0.48
Proteína (kg/d)	1.0 ± 0.02	1.0 ± 0.02	0.9 ± 0.02

^{a,b} (P < 0.05) en literales diferentes; media ± error estándar.

* 1ª y 2ª letras se refieren a la dieta suministrada en lactancia y apareamiento, respectivamente; S=sorgo-soya y M=melaza.

CUADRO 3. EFECTO DE LA DURACION DEL SUMINISTRO DE MELAZA SOBRE EL PESO CORPORAL Y LA GRASA DORSAL EN CERDAS MULTIPARAS.

PARAMETRO Núm	SS * 21	SM 21	MM 23
CAMBIOS DE PESO:			
Lactancia (kg) a	-3.39 ±2.1	-3.57 ±2.0	-4.21 ±1.9
Apareamiento (kg) b	0.10 ±1.0	0.13 ±1.0	0.32 ±1.0
CAMBIOS DE GRASA DORSAL:			
Lactancia (cm) c	-0.29 ±0.06	-0.28 ±0.06	-0.24 ±0.05

No se encontraron diferencias entre tratamientos ($P > 0.05$); media ± EEM.

* 1ª y 2ª letras se refieren a la dieta suministrada en lactancia y apareamiento, respectivamente; S=sorgo-soya y M=melaza.

a: Intervalo del parto al destete; b: Intervalo del destete a los 10 días siguientes; c: Intervalo del día 109 de gestación al destete.

Se usó como covariable la duración de la lactancia.

CUADRO 4. EFECTO DE LA DURACION DEL SUMINISTRO DE MELAZA EN CERDAS MULTIPARAS, SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE LOS LECHONES.

PARAMETRO	SS *	SM	MM
Núm	21	21	23
PESO DEL LECHON:			
al nacimiento (kg)	1.2 ± 0.04	1.2 ± 0.04	1.3 ± 0.40
al destete (kg) ac	6.3 ± 0.17	6.1 ± 0.17	6.5 ± 0.16
PESO DE LA CAMADA:			
al nacimiento (kg)	13.6 ± 0.49	13.3 ± 0.48	13.2 ± 0.46
al destete (kg) bc	55.7 ± 1.90	54.9 ± 1.80	55.7 ± 1.80
GANANCIAS DE PESO			
de la camada (kg) bc	42.3 ± 1.90	41.5 ± 1.80	42.3 ± 1.80

No se detectaron diferencias entre tratamientos ($P > 0.05$); media ± EEM.

* 1ª y 2ª letras se refieren a la dieta suministrada en lactancia y apareamiento, respectivamente; S=sorgo-soya y M=melaza.

Covariables: a y b, peso del lechón y de la camada al nacimiento; c, duración de la lactancia.

la dieta de cerdas multiparas no tiene efectos sobre el intervalo del destete al estro.

El número de lechones nacidos totales y nacidos vivos en el parto posterior al suministro de las dietas experimentales fue similar entre tratamientos ($P>0.05$) (Cuadro 5). Los resultados de este estudio concuerdan con los observados por Oliva *et al.* (1991) y Rodríguez y Cuarón (1990), quienes no encontraron diferencia en el número de lechones totales y nacidos vivos entre las dietas sorgo-soya y melaza (36.8 y 50%, respectivamente) cuando ésta fue suministrada durante la lactancia y/o el período del destete al estro en cerdas multiparas. La falta de efecto de el suministro de melaza durante la lactancia y apareamiento sobre la prolificidad, a diferencia de lo observado en cerdas nuliparas (Oliva *et al.*, 1992a,b; Oliva 1993a) y multiparas (Oliva *et al.*, 1993b) puede estar en parte, relacionado con el consumo de alimento de la cerda lactante, por el estado metabólico y hormonal inducido por el estado productivo o por la cantidad de melaza proporcionada.

Al respecto del consumo de alimento, se ha observado que durante la lactancia, principalmente en la primera semana posparto, el consumo voluntario de alimento se deprime (Weldon *et al.*, 1994a,b), esto ocasiona pérdidas de peso y grasa corporal que están asociadas con una reducción en el tamaño de la camada al parto subsecuente (Kirkwood *et al.*, 1987). De igual forma, un mayor consumo energético o protéico durante la lactancia, aumentan la presentación de estros postdestete, la tasa de ovulación y la sobrevivencia embrionaria (King y Dunkin, 1986; Kirkwood *et al.*, 1988). En este estudio, no se evaluó el cambio de peso de las cerdas en la primera semana posparto pero se observó que en los primeros 9 días de lactación, el consumo de energía y de proteína fue 5 y 10% menor respectivamente, para las cerdas que consumieron la dieta con melaza, en comparación con la dieta sorgo-soya (Figura 1 y 2), aunque el consumo promedio de energía y de proteína por día durante la lactancia no fue diferente entre tratamientos (Cuadro 2), lo que sugiere una progresiva compensación a través de la lactancia del bajo consumo de nutrimentos en la primera semana posparto posiblemente como una respuesta de las cerdas a la adaptación de la dieta con melaza. Por la importancia y la diferencia observada con el consumo energético y protéico durante la primera semana de lactancia, el menor aporte de nutrimentos por la dieta con melaza en este intervalo pudo influir para que los efectos de melaza no se manifestaran en este caso, lo que requiere de una evaluación más amplia.

Por otra parte, el incremento en la prolificidad debido a la inclusión de melaza se ha observado en estados reproductivos diferentes donde la exigencia metabólica cambia, así cuando la melaza (52%) fue suministrada a cerdas nuliparas durante el ciclo estral previo a la monta, se observó un aumento en el número de cuerpos lúteos (Rodríguez y Cuarón, 1990) y en el número de lechones nacidos totales y nacidos vivos (Oliva *et al.*, 1992a,b; Oliva *et al.*, 1993b) comparada con la obtenida con dietas de sorgo-soya o de maíz. La diferencia en estos resultados con los

observados en éste experimento, son explicados en parte por el modelo animal utilizado, ya que la cerda nulípara se encuentra en un estado fisiológico diferente a la cerda múltipara lactante y la cual evidencia un estado nutricional apto para la reproducción, que beneficia la respuesta sobre tasa de ovulación y prolificidad, mientras que la cerda múltipara necesita recuperarse del estrés y desbalance energético producido por la lactancia para poder orientar su organismo al desarrollo reproductivo.

En otro trabajo, cuando la melaza (52%) fue suministrada a cerdas primíparas y de segundo parto a partir de la monta hasta los 24 días siguientes, se observó un aumento en el número de lechones nacidos totales y nacidos vivos (Oliva *et al.*, 1973a), lo que indica que la melaza también puede aumentar la sobrevivencia embrionaria de la cerda una vez que su actividad reproductiva ha iniciado. Sin embargo, en éste trabajo, el suministro de melaza se realizó hasta la monta, por lo cual el efecto de la melaza sobre sobrevivencia embrionaria sugerido por Oliva *et al.* (1973a), no puede ser esperado. Otra alternativa derivada de los trabajos anteriores, es que la cantidad de melaza proporcionada puede contribuir de forma importante, ya que tanto en cerdas nulíparas como en múltiparas, se registraron incrementos en el número de cuerpos lúteos y en el número de lechones nacidos totales y nacidos vivos cuando la melaza se proporcionó en niveles iguales o superiores al 50% (Rodríguez y Cuarón, 1990; Oliva *et al.*, 1992a,b; Oliva *et al.*, 1993a,b). En éste estudio, el menor de nivel de inclusión de melaza en la dieta (35%) durante la lactancia y el apareamiento, puede estar relacionado con un menor estímulo para producir modificaciones metabólicas y hormonales que benefician el desarrollo reproductivo de la cerda, sin embargo ésto es especulación, ya que no se ha confirmado a nivel experimental.

Finalmente, los trabajos anteriores indican, que es posible que la melaza produzca los efectos sobre la tasa de ovulación y la prolificidad de las cerdas, cuando se suministra en una cantidad equivalente o mayor al 50% de la dieta. En adición, cuando se suministra a cerdas no lactantes, es decir durante el ciclo estral anterior al periodo de montas en cerdas nulíparas o bien a partir del primer estro posdestete en cerdas primíparas y múltiparas. Es necesario aclarar si el menor consumo de nutrimentos de las cerdas múltiparas durante la primera semana de lactancia sea un factor que impida el mejoramiento de la respuesta reproductiva cuando la melaza es suministrada durante la lactancia y el apareamiento en comparación con la dieta sorgo-soya.

Por otro lado, la similitud en el número de lechones nacidos totales y nacidos vivos cuando la melaza se suministró durante el periodo de apareamiento (desde el destete hasta la monta), puede ser explicado por el corto periodo de suministro de las dietas (ya que el intervalo destete al estro promedio en cerdas múltiparas fue de 5.1 días), que podría no ser el tiempo adecuado para producir modificaciones metabólicas que produzcan cambios a nivel hormonal y ovárico para modificar la tasa de ovulación.

CUADRO 5. EFECTO DE LA DURACION DEL SUMINISTRO DE MELAZA SOBRE EL INTERVALO DEL DESTETE AL ESTRO Y LA PROLIFICIDAD EN CERDAS MULTIPARAS.

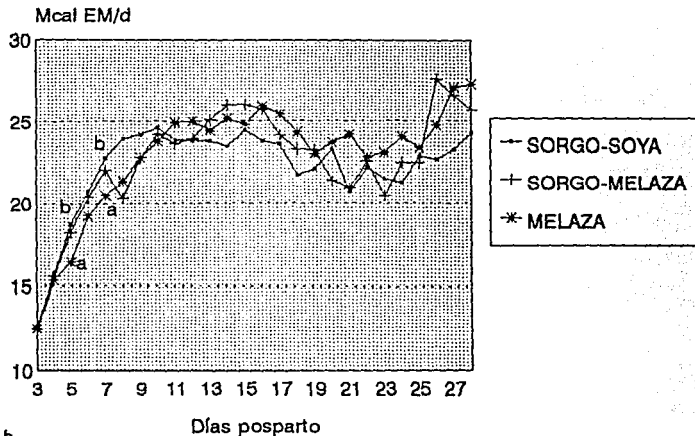
PARAMETRO	SS *	SM	MM
Núm	18	17	18
Intervalo			
Destete-Estro (h)	123.0 ± 6.2	125.0 ± 5.9	124.0 ± 5.9
NUMERO DE LECHONES **			
Totales ***	10.7 ± 0.74	9.3 ± 0.78	10.0 ± 0.70
Vivos	10.1 ± 0.90	8.6 ± 0.96	9.0 ± 0.85

No se detectaron diferencias entre tratamientos ($P > 0.05$); media ± EEM.

* 1ª y 2ª letras se refieren a la dieta suministrada en lactancia y apareamiento, respectivamente; S=sorgo-soya y M=melaza.

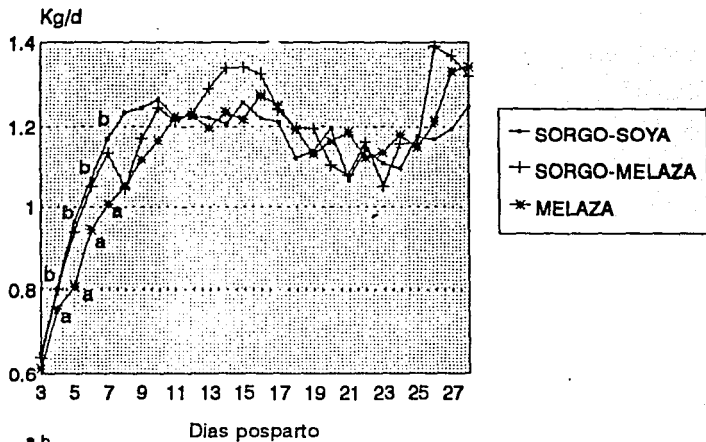
** Lechones nacidos al parto subsecuente del suministro de melaza.

*** Lechones nacidos vivos + muertos + momias.



a,b (p < 0.08) sorgo-soya y sorgo melaza vs melaza melaza.

FIGURA 1. CONSUMO DIARIO DE ENERGIA EN CERDAS MULTIPARAS ALIMENTADAS CON DIETAS DE SORGO-SOYA O MELAZA A TRAVEZ DE LA LACTANCIA



a,b (P < 0.05) sorgo-soya y sorgo melaza vs melaza melaza.

FIGURA 2. CONSUMO DIARIO DE PROTEINA EN CERDAS MULTIPARAS ALIMENTADAS CON DIETAS DE SORGO-SOYA O MELAZA A TRAVES DE LA LACTANCIA

X. RESULTADOS Y DISCUSION DEL EXPERIMENTO 2

De manera similar a lo observado en las cerdas multiparas, el consumo diario promedio de alimento en las cerdas primiparas durante la lactancia fue 11% mayor en el tratamiento MM ($P < 0.09$) en comparación con los tratamientos SS y SM (Cuadro 6) y el consumo diario promedio de energía y de proteína fueron similares ($P > 0.10$) entre tratamientos (Cuadro 6).

En consecuencia del consumo isoprotéico e isoenergético de las cerdas, los cambios en el peso corporal y el grosor de la grasa dorsal durante la lactancia (Cuadro 7), fueron similares ($P > 0.10$) entre tratamientos. Independientemente de la dieta, las cerdas perdieron peso y grasa dorsal durante la lactancia; lo que puede indicar, (debido a que no se midieron otros factores como temperatura, humedad y ventilación), que incluso al ofrecer el alimento a libertad, las cerdas no pueden consumir la cantidad de alimento necesaria para cubrir las necesidades energéticas requeridas para lactación, lo que induce a una movilización de sus reservas corporales y la pérdida de peso. Estos resultados han sido discutidos en extenso por otros autores (Armstrong *et al.*, 1986; Forbes, 1986; Noblet y Etienne, 1986).

El número de lechones al nacimiento y al destete durante el suministro de las dietas experimentales se presenta en el Cuadro 8. No se encontraron diferencias por efecto del tratamiento en el número de lechones al destete ($P > 0.10$). De manera similar, el cambio de peso de los lechones y de la camada al destete, así como las ganancias de peso de la camada fueron similares ($P > 0.10$) (Cuadro 8). En contraste, Angeles (1990) y Oliva *et al.* (1991) observaron un mayor peso promedio del lechón y de la camada (Angeles, 1990) al suministrar melaza (36.8%) a cerdas primiparas durante la lactancia en comparación con la dieta sorgo-soya. Sin embargo, en los anteriores estudios no se encontró diferencia en la producción ni en la composición de leche de las cerdas que permitan explicar la mayor ganancia de peso del lechón o de la camada en su estudio, ni las diferencias con respecto al nuestro.

En las cerdas primiparas, igual que lo observado en las cerdas multiparas, la duración del intervalo del destete al primer estro (Cuadro 9) fue similar ($P > 0.10$) entre las dietas suministradas. Esto indica que la inclusión de melaza en la dieta induce un retorno a la actividad estral en un periodo similar al observado con la dieta sorgo-soya, lo que concuerda con otros estudios en donde se suministró melaza (36.8%) a cerdas primiparas durante la lactancia (25 d) y el apareamiento (10 d; Angeles *et al.*, 1990; Oliva *et al.*, 1991). Además, en este estudio se mostró que la duración en el suministro de la melaza no afectó el intervalo del destete al estro.

Al analizar el efecto de los tratamientos sobre el desarrollo folicular en las cerdas que presentaron estro (3/5, 5/5 y 2/4, para los tratamientos SS, SM y MM respectivamente, Cuadro 9), se observó un mayor número de folículos grandes ($P < 0.05$) en las cerdas del tratamiento MM comparado con el tratamiento SS;

el número de folículos medianos, pequeños y totales fue similar entre tratamientos. En la revisión de literatura, no se encontró información del efecto de la inclusión de melaza en la dieta sobre la población folicular en cerdas primíparas o multiparas. Sin embargo, la inclusión de melaza (50%) en la dieta de cerdas nulíparas durante el ciclo estral previo a la monta aumentó el número de cuerpos lúteos y el número de lechones nacidos totales y nacidos vivos en el parto posterior al suministro de las dietas (Rodríguez-Marquez, 1990; Oliva, 1992ab, 1993b), lo cual indica un efecto positivo de la melaza sobre la tasa de ovulación. En este estudio no se tuvo otro grupo de cerdas que se sacrificaran hasta después del estro para observar si el efecto del suministro de melaza sobre el desarrollo folicular se reflejaba en un aumento en la tasa de ovulación en las cerdas primíparas ya que no necesariamente todos los folículos grandes ovulan, pero concuerda con un aumento en la actividad folicular. Además, algunos autores consideran que los folículos mayores a 10 mm de diámetro únicamente se observan en las cerdas próximas a la ovulación (Cox y Britt, 1982); sin embargo en este trabajo no se puede concluir el efecto de la melaza sobre la prolificidad de la cerda primípara.

Por otro lado, el porcentaje de cerdas que presentaron estro (60, 100 y 50% para los tratamientos SS, SM y MM, respectivamente), durante los primeros 10 días postdestete fue bajo, debido en parte a que la presentación de estros en cerdas primíparas ocurre en promedio entre los 7 a 12 días postdestete (Szarek *et al.*, 1981; Kirkwood *et al.*, 1988; Cole, 1992), por lo cual es necesario aumentar el tiempo de observación de las cerdas postdestete para poder determinar si la baja presentación de estros observada en este experimento es debido al suministro de las dietas experimentales o es consecuencia de un tiempo muy limitado para la presentación de estros.

El efecto del suministro de las diferentes dietas durante la lactancia y el destete sobre la concentración plasmática de glucosa e insulina antes y después del suministro de melaza fue similar entre tratamientos ($P > 0.10$; Cuadros 10 y 11, y Figuras 3-6), lo que concuerda con lo observado por Rodríguez y Cuarón (1990) al suministrar melaza a cerdas nulíparas durante el ciclo estral previo a la monta. Sin embargo, los mismos autores observaron una mayor concentración de glucosa e insulina plasmática a la quinta hora después de haber suministrado la dieta de melaza (50%) comparada con la dieta sorgo-soya, atribuida en parte por las diferencias en la solubilidad de los azúcares en la dieta y su subsecuente utilización por la cerda. En el presente trabajo, no se pudo definir concentración basal, pico y el área bajo la curva de la glucosa y la insulina debido a las diferencias en el comportamiento de las curvas entre cerdas, atribuidas al consumo ad libitum y a la dieta. Sin embargo, las diferencias con el trabajo anterior (Rodríguez y Cuarón, 1991) pueden ser debidas al estado fisiológico del animal, a la forma de suministro del alimento y a los patrones de consumo del alimento inducido por las dietas.

Las cerdas nulíparas se encuentran en un balance energético positivo, mientras que las cerdas primíparas experimentan un déficit energético severo (Noblet y Etienne, 1987a; Noblet et al., 1990), aunado a el estrés de la lactancia, por lo cual sus exigencias metabólicas cambian, y así mismo, pueden observarse diferentes concentraciones plasmáticas de glucosa e insulina en respuesta al suministro de alimento.

Por otra parte, cuando se le suministra el alimento a las cerdas en una sola oferta al día (Rodríguez y Cuarón, 1991), éstas se adaptan a consumir todo el alimento al momento, mientras que cuando se permite un consumo ad libitum, como en éste trabajo, el animal consume todo el alimento en varias comidas en el transcurso del día, por lo tanto las respuestas de insulina y de glucosa tienen que ser diferentes. Así mismo, al permitir un consumo ad libitum durante la lactancia, las cerdas pueden exhibir un patrón de consumo diferente debido a la fuente energética.

Aunque no existe más información del efecto de la melaza sobre las concentraciones plasmáticas de la glucosa y la insulina en cerdas lactantes, la ausencia de diferencias al suministrar melaza durante la lactancia y el apareamiento en comparación con la dieta sorgo-soya, puede ser explicada en parte por observaciones hechas por otros autores sobre el consumo de alimento durante la lactancia y su respuesta metabólica y hormonal. Weldon et al. (1994a,b) observaron que al permitir un consumo ad libitum de una dieta maíz-soya durante la lactancia en cerdas primíparas, la concentración plasmática de glucosa aumentó en la primera semana de lactancia y permaneció constante en el transcurso de la misma, mientras que la concentración de insulina aumento en la primera semana posparto y fue disminuyendo en el curso de la lactancia, lo que puede indicar una disminución en la sensibilidad a la insulina a nivel periférico o una falta de estímulo de glucosa para liberar insulina. Lo anterior sugiere que durante la lactancia, cuando las cerdas permanecen con un consumo ad libitum, puede producirse un efecto parecido al de la diabetes de los adultos, donde se pierde la sensibilidad a la insulina, impidiendo encontrar diferencias en las respuestas de glucosa e insulina al suministrar las diferentes fuentes energéticas. A su vez, el efecto observado sobre el mayor número de folículos grandes en las cerdas primíparas alimentadas con melaza durante la lactancia y el apareamiento, no puede ser explicado con los resultados encontrados en éste experimento sobre las concentraciones plasmáticas de la glucosa y la insulina, indicando que posiblemente el suministro de melaza durante éste periodo pueda ejercer su efecto sobre desarrollo folicular, mediante otro mecanismo de acción o se requeriría de un control en el consumo de alimento para determinar las concentraciones plasmáticas de insulina y de glucosa.

Por otra parte, aunque no se encontraron diferencias entre tratamientos, en las concentraciones plasmáticas promedio de la glucosa y la insulina el día 3 posdestete, y que no se pudo analizar estadísticamente el comportamiento de las curvas, es importante hacer notar el mayor número de picos de insulina

plasmática en las cerdas alimentadas con melaza, principalmente durante las primeras seis horas de muestreo (Figuras 4 y 6). Este aumento en el número de picos de insulina, puede ser inducido por un patrón de consumo de alimento diferente (aumento en el número de comidas), a pesar de que el alimento se ofreció en forma restringida, lo que puede ser explicado, por el aumento en la tasa de paso producido por la mayor dilución de energía en la dieta con melaza (Fernández y Cuarón, 1990). Aunque esto es materia de especulación, lo anterior podría explicar en parte la respuesta reproductiva observada, cuando se suministran dietas con altos niveles de melaza, sin embargo, de acuerdo a lo observado en este estudio, para poder determinar si los cambios en las concentraciones plasmáticas de glucosa e insulina forman parte de el mecanismo de acción por el cual la melaza produce sus efectos sobre tasa de ovulación y prolificidad, es necesario tomar en cuenta la recolección de datos sobre frecuencias de consumo cuando las cerdas son alimentadas ad libitum, para que puedan explicar en parte, las diferencias en las curvas plasmáticas de la glucosa y la insulina, así como también es necesario considerar una frecuencia de muestreo sanguíneo menor y un diseño estadístico que nos permita analizar todos los parámetros del comportamiento de las curvas.

Como se esperaba, después del suministro de alimento se detectó un aumento en la concentración plasmática de glucosa e insulina ($P < 0.10$; Cuadros 10 y 11). Además, se observó una interacción del día y el periodo de muestreo sobre la concentración plasmática de glucosa ($P < 0.08$; Figura 7) que indica que el incremento posparto de glucosa es mayor el día 24 de la lactancia en comparación con el día 3 posdestete; lo que puede ser explicado por el mayor consumo de alimento el día 24 de lactancia. Con relación a insulina se observó una mayor concentración ($P < 0.08$; Figura 7) el día 3 posdestete en comparación con el día 24 de lactancia; el aumento en insulina el día 3 posdestete puede ser explicado por una mayor demanda de glucosa por los tejidos para recuperar las pérdidas de peso producidas durante la lactancia, esto concuerda con el pequeño aumento de peso de las cerdas observado el día 10 posdestete.

CUADRO 6. CONSUMO DIARIO DE ALIMENTO, DE ENERGIA Y DE PROTEINA EN CERDAS PRIMIPARAS DURANTE LA LACTANCIA.

CONSUMO Núm	SS 6	SM 6	MM* 6
Alimento (kg/d)	4.70 ± 0.20 ^a	5.0 ± 0.20 ^a	5.4 ± 0.19 ^b
Energía (Mcal EM/d)	14.80 ± 0.70	15.00 ± 0.70	15.1 ± 0.70
Proteína (kg/d)	0.78 ± 0.03	0.70 ± 0.03	0.7 ± 0.03

^{a,b} (p < 0.09) en literales diferentes; media ± error estándar.

* 1ª y 2ª letras se refieren a la dieta suministrada en lactancia y apareamiento, respectivamente; S=sorgo-soya y M=melaza.

CUADRO 7. EFECTO DE LA DURACION DEL SUMINISTRO DE MELAZA SOBRE EL PESO CORPORAL Y LA GRASA DORSAL EN CERDAS PRIMIPARAS.

PARAMETRO Núm	SS * 8	SM 8	MM 8
CAMBIOS DE PESO:			
Lactancia (kg) **	- 9.90 ± 2.70	- 9.70 ± 2.70	-11.40 ± 2.70
CAMBIOS DE GRASA DORSAL:			
Lactancia (cm) ***	- 0.15 ± 0.08	- 0.18 ± 0.08	- 0.28 ± 0.08

No se detectaron diferencias entre tratamientos ($P > 0.05$); media ± EEM.

* 1ª y 2ª letras se refieren a la dieta suministrada en lactancia y apareamiento, respectivamente; S=sorgo-soya y M=melaza.

** Intervalo del parto al destete.

*** Intervalo del día 109 de gestación al destete.

CUADRO 8. EFECTO DE LA DURACION DEL SUMINISTRO DE MELAZA EN CERDAS PRIMIPARAS, SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE LOS LECHONES.

PARAMETRO Núm	SS* 6	SM 6	MM 6
NUMERO DE LECHONES:			
al nacimiento	9.0 ± 0.89	9.0 ± 0.89	8.1 ± 0.89
al destete	8.0 ± 0.82	8.3 ± 0.82	7.3 ± 0.82
PESO DEL LECHON:			
al nacimiento (kg)	1.3 ± 0.08	1.3 ± 0.08	1.3 ± 0.08
al destete (kg) a	5.8 ± 0.40	5.9 ± 0.40	5.8 ± 0.40
PESO DE LA CAMADA:			
al nacimiento (kg)	11.9 ± 1.16	12.1 ± 1.16	11.1 ± 1.16
al destete (kg) b	45.9 ± 2.80	47.3 ± 2.80	41.8 ± 2.80
GANANCIAS DE PESO			
de la camada (kg) b	34.2 ± 2.80	35.8 ± 2.80	30.1 ± 2.80

No se detectaron diferencias entre tratamientos ($P > 0.05$); media ± EEM.

* 1ª y 2ª letras se refieren a la dieta suministrada en lactancia y apareamiento, respectivamente; S=sorgo-soya y M=melaza.

Covariables; a y b, peso del lechón y de la camada al nacimiento, respectivamente.

CUADRO 9. EFECTO DE LA DURACION DEL SUMINISTRO DE MELAZA SOBRE EL INTERVALO DEL DESTETE AL ESTRO Y EL NUMERO DE FOLICULOS EN CERDAS PRIMIPARAS.

PARAMETRO	SS *	SM	MM
Núm	6	6	6
Intervalo			
Destete-Estro (h)	191.5 ± 25	156.6 ± 25	228.1 ± 25
NUMERO DE FOLICULOS: **			
Núm	3	5	2
1-3.9 mm	10.6 ± 5.6	3.8 ± 4.3	10.0 ± 6.8
4-7 mm	22.6 ± 10.0	3.6 ± 7.8	24.5 ± 12.0
> 7 mm	10.6 ± 2.4 ^a	16.2 ± 1.8 ^{ab}	22.0 ± 2.9 ^b
Totales	44.0 ± 12.0	23.6 ± 10.0	56.5 ± 16.0

a,b (P < 0.05) en literales diferentes; media ± error estándar.

* 1^a y 2^a letras se refieren a la dieta suministrada en lactancia y apareamiento, respectivamente; S=sorgo-soya y M=melaza.

** Fueron eliminadas las cerdas que permanecieron en anestro.

CUADRO 10. EFECTO DE LA DURACION DEL SUMINISTRO DE MELAZA SOBRE LA CONCENTRACION PLASMATICA DE GLUCOSA (mg/dl) EN CERDAS PRIMIPARAS.

TRATAMIENTO Núm	DIA 24 DE LACTANCIA		DIA 3 POSDESTETE	
	PRE PANDRIAL	POS PANDRIAL	PRE PANDRIAL	POS PANDRIAL
SS * (6)	68.3 ± 5.0 ^a	84.2 ± 1.6 ^b	65.0 ± 5.3 ^a	74.2 ± 1.8 ^b
SM (6)	58.3 ± 4.8 ^a	74.2 ± 1.5 ^b	64.7 ± 4.8 ^a	70.1 ± 1.5 ^b
MM (5)	63.8 ± 5.8 ^a	77.8 ± 1.7 ^b	68.0 ± 5.3 ^a	75.6 ± 1.7 ^b

^{a,b} (P < 0.01) prepandrial vs. pospandrial; (P > 0.10) para tratamiento y día.

* 1^a y 2^a letras se refieren a la dieta suministrada en lactancia y apareamiento, respectivamente; S=sorgo-soya y M=melaza.

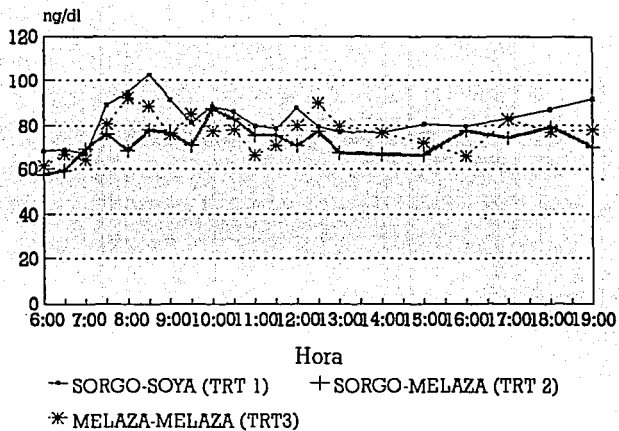
media ± error estándar.

CUADRO 11. EFECTO DE LA DURACION DEL SUMINISTRO DE MELAZA SOBRE LA CONCENTRACION PLASMATICA DE INSULINA (Mu/ml) EN CERDAS PRIMIPARAS.

TRATAMIENTO Núm	DIA 24 DE LACTANCIA		DIA 3 POSDESTETE	
	PRE PANDRIAL	POS PANDRIAL	PRE PANDRIAL	POS PANDRIAL
SS* (6)	24.4 ± 5.9 ^a	40.6 ± 1.9 ^b	26.6 ± 6.2 ^a	38.2 ± 2.1 ^b
SM (6)	22.5 ± 5.6 ^a	32.6 ± 1.8 ^b	29.4 ± 5.6 ^a	39.6 ± 1.8 ^b
MM (5)	24.6 ± 6.2 ^a	33.6 ± 2.0 ^b	28.9 ± 6.2 ^a	46.1 ± 2.0 ^b

^{a,b} (P < 0.01) prepandrial vs. pospandrial dentro de día; media ± error estandar.

* 1^a y 2^a letras se refieren a la dieta suministrada en la lactancia y apareamiento, respectivamente; S=sorgo-soya y M=melaza.



**FIGURA 3. CONCENTRACIONES PLASMATICAS DE
 GLUCOSA. DIA 24 DE LA LACTANCIA**

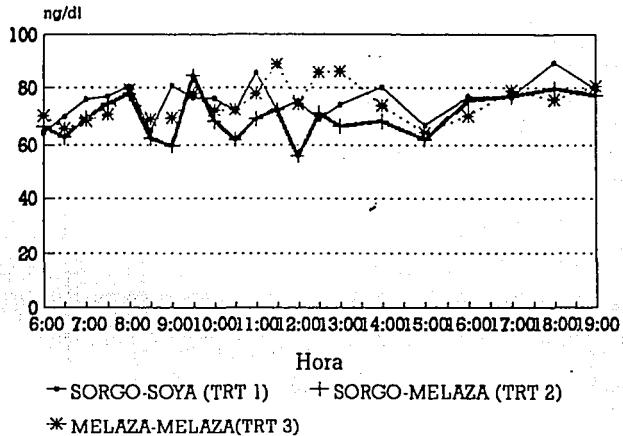


FIGURA 4. CONCENTRACIONES PLASMATICAS DE GLUCOSA. DIA 3 POSDESTETE

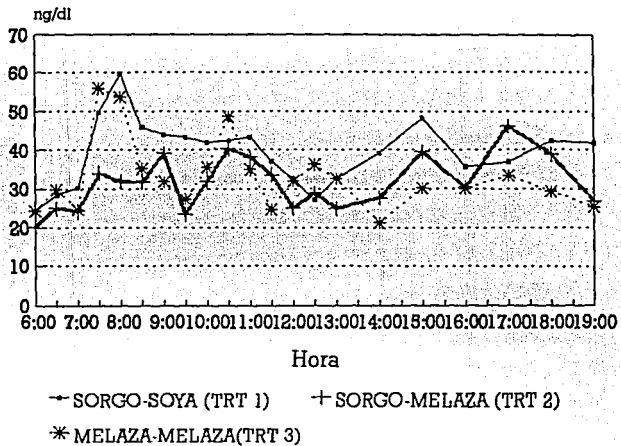


FIGURA 5. CONCENTRACIONES PLASMATICAS DE INSULINA. DIA 24 DE LACTANCIA

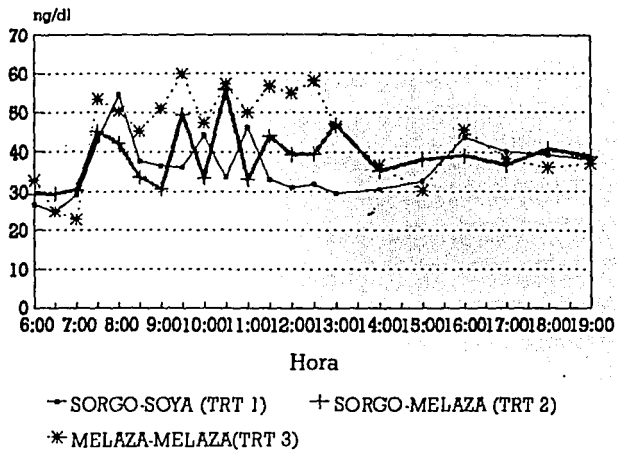
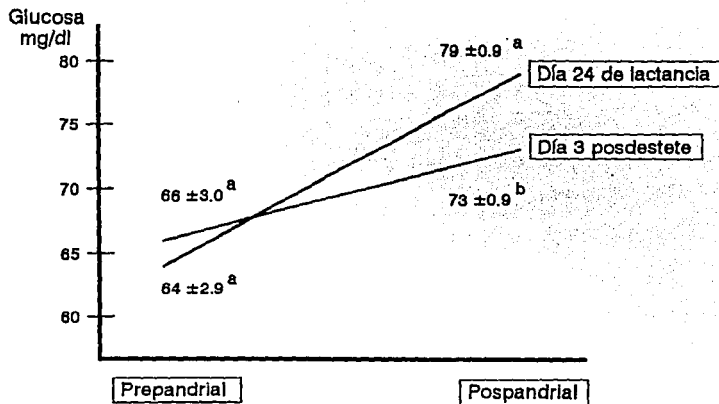


FIGURA 6. CONCENTRACIONES PLASMATICAS DE INSULINA. DIA 3 POSDESTETE



^{ab} literales diferentes dentro de período (P < 0.08)

FIGURA 7. INTERACCION DEL DIA Y EL PERIODO DE MUESTREO SOBRE LA CONCENTRACION PLASMATICA DE GLUCOSA EN CERDAS PRIMIPARAS.

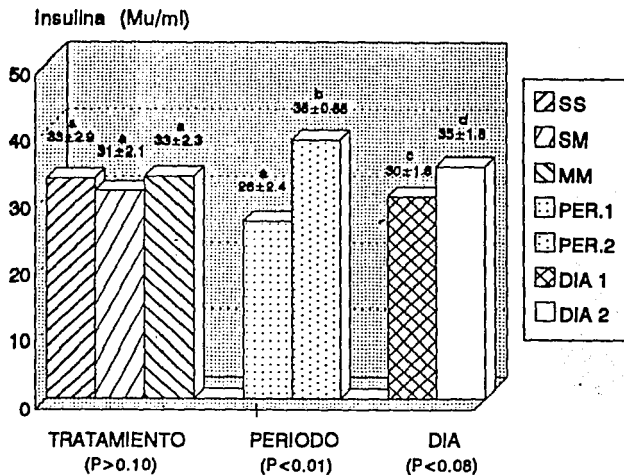


FIGURA 8. EFECTO DE LA DURACION DEL SUMINISTRO DE LA MELAZA SOBRE LA CONCENTRACION PLASMATICA DE INSULINA EN CERDAS PRIMIPARAS

XI. CONCLUSIONES

Se corroboró que la dilución de energía en la dieta, producida por la inclusión de melaza, es compensada por un aumento en el consumo de alimento por parte de la cerda durante la lactancia.

La inclusión de altos niveles de melaza en la dieta produce cambios de peso y grasa dorsal similares a los inducidos con la dieta tradicional sorgo-soya en cerdas lactantes primíparas, múltiparas y en sus lechones.

La duración del suministro de altos niveles de melaza en la dieta produce resultados similares a los inducidos con la dieta sorgo-soya sobre la duración del intervalo del parto al destete en las cerdas primíparas y múltiparas.

El suministro de melaza en la dieta de cerdas primíparas durante la lactancia y el apareamiento aumentó el número de folículos grandes (mayor a 7 mm) en comparación con la dieta sorgo-soya; no obstante, en las cerdas múltiparas la prolificidad fue similar a la observada con la dieta sorgo-soya.

La duración del suministro de melaza en la dieta de cerdas primíparas, no alteró las concentraciones plasmáticas promedio de la glucosa y la insulina, con relación a las observadas con la dieta sorgo-soya.

LITERATURA

- Adashi EY, Hsue AJW y SSC Yen. Insulin enhancement of luteinizing hormone and folliclestimulating hormone release by cultured pituitary cell. *Endocrinology*. 1981; 108: 441.
- A.F.M.A. Feed Manufacturing Technology. American Feed Manufacturers Association, Inc., Arlington Virginia USA. 1982.
- Angeles MA, Oliva HJ, Cisneros F, Loeza LR y JA Cuarón. Sow productive performance in response to lactation dietary energy source and environment. *J. Anim. Sci.* 1990. 68 supp. 1: 366 (Abstr./).
- Arias T, Perez R y PC Brito. Presentación del celo en cerdas con diferentes tipos de alimentación. *Cienc. Tec. Agric. Ganado porcino*. 1985; 8(4): 7-15.
- Armstrong JD, Britt JH y RR Kraeling. Effect of restriction of energy during lactation on body condition, energy metabolism, endocrine changes and reproductive performance in primiparous sows. *J. Anim. Sci.* 1986; 63: 1915-1925.
- Azucar S.A. Estadísticas azucareras. Azucar S.A. México. 1990.
- Baskin DG, Porte D, Guest K y DM Dorsa. Regional concentrations of insulin in the rat brain. *Endocrinology*. 1983; 112: 898-903.
- Blanco V, Raur NS y E Vargas. Molasses a major energy sources for swine. *J. Anim. Sci.* 1964; Abstr. 23: 868.
- Brendemuhl JH, Lewis AJ y ER Peo. Effect of protein and energy intake by primiparous sows during lactation on sow and litter performance and sow serum thyroxine and urea concentrations. *J. Anim. Sci.* 1987; 64: 1060-1069.
- Brendemuhl JH, Lewis AJ y ER Peo. Influence of energy and protein intake during lactation on body composition of primiparous sows. *J. Anim. Sci.* 1989; 67: 1478-1488.
- Britt JH y DG Levis. Effects of altered suckling on rebreeding performance in early-weaned sows. *Proc. Int. Pig Vet. Soc. Cong.* 1980; 5: 322.
- Britt JH y DG Levis. Effect of altering suckling intervals of early-weaned pigs on rebreeding performance of sows. *Theriogenology*. 1982; 18: 201.
- Britt JH, Armstrong JD y NM Cox. Metabolic interfaces between nutrition and reproduction in pigs. 11th International congress on animal reproduction and artificial insemination. Ireland. 1988; 117-125.
- Brooks PH y DJA Cole. Studies in sow reproduction. 1. The effect

- of nutrition between weaning and remating on the reproductive performance of primiparous sows. *Anim. Prod.* 1972; 15: 259.
- Brooks PH y KJ Cooper. Short term nutrition and litter size. In: D.J.A. Cole (Ed), *Pig Production*. Butterworths, London. 1972; 385-398.
- Calvin EW, Herbert HH y FW Bazer. Response of plasma glucose, fructose and insulin to dietary glucose and fructose in the lactating sow. *J. Anim. Sci.* 1984; 59:141.
- Campbell WJ, Brendemuhl JH y FW Bazer. Effect of fructose consumption during lactation on sow and litter performance and sow plasma constituents. *J. Anim. Sci.* 1990; 68: 1378-1388.
- Cervantes, J. Crecimiento y composición corporal de cerdos alimentados con dietas ricas en melaza en dos zonas climáticas. Tesis de Maestría. FES Cuautitlan. UNAM, Mexico D.F. 1991.
- Clark LK, Leman AD y R Morris. Factors influencing litter size in swine: Parity-one females. *J.A.V.M.A.* 1988; 192: 187-194.
- Coffey MT, Yates JA y GE Bombs. Effects of feeding sows fat or fructose during late gestation and lactation. *J. Anim. Sci.* 1987; 65: 1249-1256.
- Coffey MT, Diggs BG, Handlin DL, Knabe DA, Maxwell CV, Noland PR, Prince TJ y GL Gromwell. Effects of dietary energy during gestation and lactation on reproductive performance of sows: a cooperative study. *J. Anim. Sci.* 1994; 72: 4-9.
- Cole DJ, Varley MA y PE Hughes. Studies in sow reproduction. 2. The effect of lactation length on the subsequent reproductive performances of the sow. *Anim. Prod.* 1975; 20: 401-406.
- Cole DJ. La alimentación de la cerda, la llave para una producción rentable. Memoria de la conferencias impartida en México. Apligen. 1992; 1-8.
- Cox NM y JH Britt. Relationships between endogenous gonadotropin releasing hormone, gonadotropins, and follicular development after weaning in sows. *Biol. Reprod.* 1982; 27: 70-78.
- Cox NM, Britt JH, Armstrong WD y HD Alhusen. Effect of feeding fat and altering weaning schedule on rebreeding in primiparous sows. *J. Anim. Sci.* 1983; 56: 21-29.
- Cox NM, Stuart MJ, Althen JB, Bennett WA y HW Miller. Enhancement of ovulation rate in gilts by increasing dietary energy and administering insulin during follicular growth. *J. Anim. Sci.* 1987; 64: 507-516.
- Curry DL, Curry KP y M Gomez. Fructose potentiation of insulin secretion. *Endocrinology.* 1972; 91:1493.

- Dailey RA, Clark JR, First NL, Chapman AB y LE Casida. Effect of short term flushing on follicular development at estrus and ovulation rate of gilts of different genetic groups. J. Anim. Sci. 1975; 41: 842.
- Dourmad JY. Ingestion spontanée d'aliment chez la truie en lactation; de nombreux facteurs de variation. INRA Prod. Anim. 1988; 1: 141.
- Dyck GW. Postweaning changes in the reproductive tract of the sow. Can. J. Anim. Sci. 1983; 63: 571-577.
- Etienne M, Pichot JP y B Desmoulin. Modifications de la composition corporelle des truies multipares au cours du cycle de reproduction. Effets du niveau d'alimentation en lactation. Journees Rech. Porcine en France. 1982; 14:97.
- Fahmy MH, Holtman WB y RD Baker. Failure to recycle after weaning and weaning to oestrus interval in crossbred sows. Anim. Prod. 1979; 29: 193-202.
- Fernandez TS y JA Cuarón. Valor de la energía metabolizable de la melaza de caña para cerdos de 50 kg de peso. Memorias del XXIV Congreso AMVEC. 1989. Morelia, Mich., México, p. 88.
- Fernandez TS y JA Cuarón. Nitrogen utilization and bioavailable energy of high cane molasses diets for growing pigs. J. Anim. Sci. 1990; 68(1): 362 (Abstr.).
- Figueroa V. Experiencias cubanas en el uso de mieles de caña para la alimentación porcina. Invest. Pec. para el Des. Rural. 1989; 1(1): 10-24.
- Flowers B, Martin MJ, Cantley TC y BN Day. Endocrine changes associated with a dietary-induced increase in ovulation rate (flushing) in gilts. J. Anim. Sci. 1989; 67: 771-778.
- Forbes JM. The voluntary food intake of farm animals. Butterworths and Co. 1986.
- Fowler VR, McWilliam R y R Aitken. Voluntary feed intake of boars, castrates and gilts given diets of different nutrient density. Anim. Prod. 1981; 32: 658-666.
- Gatel F, Castino J y J Lucbert. Changes in productivity and culling rate according to pregnancy feed intake and litter parity. Livest. Prod. Sci. 1987; 17: 247-261.
- GLEPACEA. La melaza como recurso alimenticio para producción animal. Grupo de Países Latinoamericanos y del Caribe Exportadores de Azúcar. México, D.F. 1989.
- Havrankova J, Roth J y M Brownstein. Insulin receptors are widely distributed in the central nervous system of the rat. Nature. 1978; 272: 827.

- Hazel LN and EA Kline. Mechanical measurement of fatness and carcass value of live hogs. *J. Anim. Sci.* 1959; 64: 1458.
- Henderson R y PE Hughes. The effect of partial weaning, movement and boar contact on the subsequent reproductive performance of lactating sows. *Anim. Prod.* 1984; 39: 131-135.
- Hernandez GH, Fernandez TS y JA Cuarón. Influencia del suplemento energético sobre la utilización de dietas bajas en proteína y lisina para cerdos en crecimiento y finalización. *Memorias de la Reunion de Invest. Pec. en México.* México, D.F. 1987.
- Hughes PE, Henry RW y DW Pickard. The effects of lactation food level on subsequent ovulation rate and early embryonic survival in the sow. *Anim. Prod.* 1984; 38: 527 (Abstr.).
- Jain K, Logothetopoulos K y P Zucker. The effect of D- and L-glycerladehyde on glucose oxidation, insulin secretion and insulin biosynthesis by pancreatic islets of the rat. *Biochim. Biophys.* 1979; Acta 379-386.
- Jones HR, Bennett WA, Althen TG y NM Cox. Effects of dietary energy and exogenous insulin during the period of follicular growth on ovulation rate and LH patterns in gilts. *J. Anim. Sci.* 1983; 57 (1): 346.
- Johnston LJ, Orr DE, Tribble FL y JR Clark. Effect of lactation and rebreeding phase energy intake on primiparous and multiparous sows performance. *J. Anim. Sci.* 1986; 63: 804-814.
- Kennedy GC. Ontogeny of mechanism controlling food and water intake. *Handbook of physiology.* 1967. 1: 337.
- Kinder JE, Robinson MS y K Imakawa. Infilluencia de la nutrición sobre la endocrinología reproductiva de la vaca productora de carne. *Memorias del seminario Internacional. La importancia de la nutrición en la reproducción de bovinos.* Colegio de Posgraduados. México. 1988; 7-23.
- King RH. Nutritional anestrus in young sows. *Pig News Info.* 1987; 8: 15.
- King RH y AC Dunkin. The effect of nutrition on the reproductive performance of first-litter sows. 3. The response to graded increases in food intake during lactation. *Anim. Prod.* 1986; 42: 119-125.
- King RH y Williams. The effect of nutrition on the reproductive performance of first-litter sows. 1. Feeding level durin lactation and between weaning and mating. *Anim. Prod.* 1984a; 38: 241-247.
- King RH y Williams. The effect of nutrition on the reproductive performance of first-litter sows. 2. Protein and energy intakes

- during lactation. Anim. Prod. 1984b; 38: 249-256.
- Kirkwood RN, Smith WC y KR Lapwood. Effect of partial weaning of piglets on lactational oestrus and sow and piglet body weight changes. NZJ. Exp. Agric. 1983; 11: 231-233.
- Kirkwood RN, Baidoo SK, Aherne FX y AP Sather. The influence of feeding level during lactation on the occurrence and endocrinology of the postweaning estrus in sows. Can. J. Anim. Sci. 1987a; 67: 405-415.
- Kirkwood RN, Lythgoe ES y FX Aherns. Effect of lactation feed intake and gonadotrophin-releasing hormone on the reproductive performance of sows. Can J. Anim. 1987b; 67: 715-719.
- Kirkwood RN, Mitaru BN, Gooneratne AD, Blair R y PA Tacker. The influence of dietary energy intake during successive lactations on sow prolificacy. Can. J. Anim. Sci. 1988; 68: 283-290.
- Kunavongkrit A, Einarsson S y I Settergren. Follicular development in primiparous lactating sows. Anim. Reprod. Sci. 1982; 5: 47-56.
- Ladenheim RG, Tesone M and EH Charraeu. Insulin action and characterization of insulin receptors in rat luteal cells. Endocrinology. 1984; 115: 752-756.
- Loeza LR, Fernandez S y JA Cuarón. Estrategias para el uso de niveles altos de melaza en la alimentación de cerdos en México. Memorias del III Congreso Nacional de la Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal A.C. Cocoyoc, Morelos. 1987.
- Love RJ. Reproductive performance of first parity sows. Vet. Rec. 1979; 104: 238-240.
- Lozano PF y AM Villagómez. La industria alimenticia animal en México en cifras. Canacinfra, México. 1986.
- Lynch G. An investigation into the interval between weaning and subsequent service of the sow and its correlations with some reproductive characteristics. Meld. Norg. LandbrHogsk. 1965. 44(4): 1.
- Martin MJ, Redmer DA, Ford JJ, Christenson RK y BN Day. Ovarian compensatory hypertrophy following unilateral ovariectomy in the suckled sow. J. Anim. Sci. 1986. 63: 572-578.
- Maurer RR, Ford JJ y RK Christenson. Interval to first postweaning estrous and causes for leaving the breeding herd in large white, landrace, yorkshire and chester white females after three parities. J. Anim. Sci. 1985; 61: 1327-1334.
- Mauro T, Hayashi M, Matsuo H, Ueda Y, Morikawa H y M Mochizuki. Comparison of the facilitative roles of insulin and insulin-like growth factor I in the functional differentiation of granu-

- losa cells: In vitro studies with the porcine model. Acta Endocrinol. (Kopenh). 1988; 117:230.
- May JV, McCarty K, Reichert LE and DW Shomberg. Follicle-stimulating hormone-mediated induction of functional luteinizing hormone/humane chorionic gonadotropin receptors during monolayer culture of porcine granulosa cells. Endocrinology. 1980; 107: 1041-1047.
- May JV and DW Shomberg. Granulosa cell differentiation in vitro: Effect of insulin on growth and functional integrity. Biol. Reprod. 1981; 25: 421-431.
- May JV, Frost JP y DW Shomberg. Differential effects of epidermal growth factor, somatomedin-C/insulin-like growth factor I, and transforming growth factor-B on porcine granulosa cells deoxyribonucleic acid synthesis and cell proliferation. Endocrinology. 1988; 117:230.
- Mazón RJ. La porcicultura mexicana ante el TLC. Desarrollo porcícola. Órgano oficial de la Comisión Nacional de Porcicultura. 1991; 0: 3.
- Moody NW y VC Speer. Factors affecting sow farrowing interval. J. Anim. Sci. 1971; 32: 510-514.
- Moser RL, Cornelius SG, Pettigrew JE, Hanke HE, Heeg JR y KP Miller. Influence of postpartum feeding method on performance of the lactating sow. Livest. Prod. Sci. 1987; 16: 91-99.
- Mullan BP y WH Close. The mobilisation of body reserves by sows during their first lactation and its effect on reproductive performance. J. Anim. Sci. 1989; 67(1): 249-250.
- Nelissen JL, Lewis AJ, Peo ER y BD Moser. Effect of source of dietary energy and energy restriction during lactation on sow and litter performance. J. Anim. Sci. 1985a; 60: 171.
- Nelissen JL, Lewis AJ, Peo ER, Y JD Crenshaw. Effect of dietary energy intake during lactation on performance of primiparous sows and their litters. J. Anim. Sci. 1985b; Vol 61: 1164-1171.
- Noblet J. y M Etienne. Effect of energy level in lactating sows on yield and composition of milk and nutrient balance of piglets. J. Anim. Sci. 1986; 63: 1888.
- Noblet J. y M Etienne. Metabolic utilization of energy and maintenance requirements in lactating sows. J. Anim. Sci. 1987; 64: 774-781.
- Noblet J, Etienne M y JY Dourman. Energy requirements for lactating sows: determination by a factorial approach. INRA. Prod. Anim. 1988; 1:355.
- Noblet J, Dourman JY y M Etienne. Energy utilization in pregnant

- and lactating sows: modelin of energy requirements. J. Anim. Sci. 1990; 68(2): 562.
- NRC. Nutrient Requeriments of Domestic Animals. Nutrient Requeriments of swine. Ninth Revised Ed. National Academy of Sciences-National Research Council Washington. D.C. USA. 1988.
- NRC. 1988. Feeding frequency and the addition of sugar to the diet for the lactating sow. J. Anim. Sci. 1990; 68: 3498-3501.
- Obando H, Corzo M, Moncada A y JM Maner. Estudios del valor nutritivo de la melaza para cerdos. Rev. ICA. 1969; 4: 3.
- O'Grady JF, Elsley FWH, McPherson RM y I MacDonald. The response of lactating sows and their litters to different dietary energy allowances. 2. Weight changes and carcass composition of sows. Anim. Prod. 1975; 20:257.
- O'Grady JF, Lynch PB y PA Kearney. Voluntary feed intake by lactating sows. Livest. Prod. Sci. 1985; 12: 355.
- Oliva J, Rosas F, Cuarón JA y A Villa-Godoy. Influence of three sources of dietary energy on postweaning reproductive performance of primiparous and multiparous sows. J. Anim. Sci. 1991; 69(1): abst 421-422.
- Palmer WM, Teague HS y WG Venzke. Macroscopic observations on the reproductive tract of the sow during lactation and early post-weaning. J. Anim. Sci. 1965a; 24: 541-545.
- Palmer WM, Teague HS y WG Venzke. Histological change in the reproductive tract of the sow during lactation and early post-weaning. J. Anim. Sci. 1965b; 24: 1117-1125.
- Reese DE, Moser BD, Peo ER, Lewis AJ, Dwane R, Zimmerman DR, Kinder JE y WW Stroup. Influence of energy intake during lactation on the interval for weaning to first estrus in sows. J. Anim. Sci. 1982a; 55(3) 590-598.
- Reese DE, Moser BD, Peo ER, Lewis AJ, Dwane R, Zimmerman DR, Kinder JE y WW Stroup. Influence of energy intake during lactation on subsequent gestation, lactation and postweaning performance of sows. J. Anim. Sci. 1982b; 55(4): 867-872.
- Reese DE. Effects of nutrition and manegement on the reproductive efficiency of top producing sows. Anim. Health. Nut. 1986; Feb, 22-29.
- Robles CA. Consumo de alimento. Memorias del tercer Simposio Internacional: Avances en la Nutrición del Cerdo. AMENA-ANVEC. México. 1988.
- Rodriguez-Marquez MC. Efecto de tres fuentes de energía sobre la tasa de ovulación y cambio en el perfil hormonal en cerdas. Tesis de Maestría. FES Cuautitlán. UNAM, México D.F. 1990.

- Rodriguez MC y JA Cuarón. Dietary energy source on ovulation in swine. *J. Anim. Sci.* 1990; 68(1): 367 (Abstr.).
- Rowlinson P y MJ Bryant. Lactational oestrus in the sow. 3. The influence of feeding level upon the occurrence of a fertile oestrus in lactating sows. *Anim. Prod.* 1982; 35: 49-53.
- Rozeboom DW, Moser RL, Cornelius SG, EL Kandelgy SM y JE Pettigrew. Effect of energy restriction on oestrous activity and body composition of post-pubertal gilts. *Abstracts Am. Soc Anim. Sci.* 1989; 115-116.
- Rutter LM, Snopce R and JG Manns. Serum concentrations of IGF-I postpartum beef cows. *J. Anim. Sci.* 1987; 67: 2060-2066.
- SAS. SAS User's Guide: Statistics. SAS Inst. Inc. Cars. NC. 1985.
- Shimada MA. Fundamentos de nutrición animal comparativa. 3a reimpression. Consultores en producción animal S.C. México, 1987.
- Shurson GS, Hogberg MG, DeFever N, Radecki SV y ER Miller. Effects of adding fat to the sow lactation diet on lactation and rebreeding performance. *J. Anim. Sci.* 1986; 62: 672-680.
- Soria RJ, Aveldaño R y CA Ortiz. Levantamiento fisiográfico del Estado de Querétaro. CIFAP-Guanajuato, INIFAP, SARH. México. 1987.
- Soriano TJ. Causas y prevención de diarreas por consumo de melaza de caña en aves y cerdos. Tesis de Maestría. FES, Cuautitlan. UNAM. México, D.F. 1982.
- Spicer LJ, Alpizar E y SE Echterkamp. Effects of insulin, insulin-like growth factor I, and gonadotropins on bovine granulosa cell proliferation, progesterone production, estradiol production, and (or) insulin-like growth factor I production in vitro. *J. Anim. Sci.* 1993; 71: 1232-1241.
- Stahly TS, Cromwell GL y WS Simpson. Effects of full vs restricted feeding of the sow immediately postpartum on lactation performance. *J. Anim. Sci.* 1979; 49: 50-54.
- Steel y Torrie. Bioestadística. Principios y Procedimientos. McGraw Hill/Interamericana 2ed (1a en español) México, D.F. 1980.
- Steele NC, McMurtry JP y RW Rosebrough. Endocrine adaptations of pariparturient swine to alteration of dietary energy source. *J. Anim. Sci.* 1985; 60: 1260-1271.
- Stevenson JS y JH Britt. Interval to estrus in sows and performance of pigs after alteration of litter size during late lactation. *J. Anim. Sci.* 1981; 53: 177-181.

- Stevenson JS y DL Davis. Influence of reduced litter size and daily litter separation on fertility of sows at 2 to 5 weeks postpartum. *J. Anim. Sci.* 1984; 59: 284-293.
- Strang GS. Litter productivity in large white pigs. *Anim. Prod.* 1970; 12: 225-233.
- Svajgr AJ, Hammell DL, Degeeter MJ, Hays VM, Cromwell GL y RH Dutt. Reproductive performance of sows on a protein restricted diet. *J. Reprod. Fert.* 1972; 30: 455.
- Svajgr AJ, Hays VM, Cromwell GL y RH Dutt. Effect of lactation duration on reproductive performance of sows. *J. Anim. Sci.* 1974; 38: 100.
- Szarek VE, Levis DG y JH Britt. Characteristics of summer infertility in sows. *J. Anim. Sci.* 1981; 53(1):3.
- Tejada I. Manual de laboratorio para el análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal. PAIEPEME. A. C. México. 1983.
- Thompson LH, Hanford KJ y AH Jensen. Estrus and fertility in lactating sows and piglet performance as influenced by limited nursing. *J. Anim. Sci.* 1981; 53: 1419-1423.
- Tribble LF y Jr. DE Orr. Effect of feeding level after weaning on reproduction in sows. *J. Anim. Sci.* 1982; 55 (3): 608-612.
- Veldhuis JD, Nestler JE, Strauss III, JF y JT Gwynne. Insulin regulates low density lipoprotein metabolism by swine granulosa cells. *Endocrinology.* 1986; 118: 2242-2253.
- Verstegen MWA, Mesu J, Van Kempen GJM y C Geerse. Energy balances of lactating sows in relation to feeding level and etape of lactation. *J. Anim. Sci.* 1985; 60: 731-740.
- White CE, Head HH, Bachman KC y FW Bazer. Yield and composition of milk and weight gain of nursing pigs from sows fed diets containing fructose or dextrose. *J. Anim. Sci.* 1984a; 59: 141-150.
- White CE, HH Head y FW Bazer. Response of plasma glucose, fructose and insulin to dietary glucose and fructose in the lactating sow. *J. Nutr.* 1984b; 114:361-368.
- Yang H, Eastham PR, Phillips P y CT Whittemore. Reproductive performance, body weight and body condition of breeding sows with differing nutrition during lactation, and differing litter size. *Anim. Prod.* 1989a; 48: 181-201.
- Yang H, Eastham PR, Phillips P y CT Whittemore. 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.* 1989b;

48: 181-201.

Young LG y GL King. Wheat shorts in diets of gestating swine. J. Anim. Sci. 1981; 52: 551.

Zimmerman DR y JD Kopf. Effect of genetic selection for high ovulation rate in swine on follicle populations during the preovulatory period. J. Anim. Sci. 1988. (Abstract) 151.