

ADICION DE LISINA AL SORGO DURANTE EL ULTIMO TERCIO DE LA GESTACION Y SUPLEMENTACION DE LISINA, DURANTE LA SUBSECUENTE LACTACION, A CERDAS LACTANTES ALIMENTADAS CON SORGO Y PASTA DE AJONJOLI¹

JOSÉ A. CUARÓN I.²
RICHARD P. CHAPPLE³
ROBERT A. EASTER⁴

Resumen

Con un total de 60 cerdas, se evaluó la respuesta a 3 raciones de gestación y 2 de lactación. Durante la gestación las cerdas se alimentaron con una ración basal (sorgo fortificado con vitaminas y minerales) hasta el día 59 después de la concepción. A partir del día 60 de gestación se alimentó a las cerdas con las raciones experimentales: sorgo-soya (12% de proteína cruda), una dieta basal y basal más L-lisina HCl. Durante la lactancia se impusieron factorialmente, a los tratamientos de gestación, 2 raciones de lactación; estas raciones fueron: una basal sorgo-pasta de ajonjolí, calculada para ser deficiente sólo en lisina, y la resultante de la adición de L-lisina HCl a la primera.

Durante la gestación, la suplementación de lisina aparentemente generó ($P < .12$) mayores ganancias de peso en las cerdas. Los otros criterios de respuesta empleados durante la gestación (ácidos nucleicos en la glándula mamaria, proteína e inmunoglobulina G en el calostro y en el plasma de cerdas y lechones, tamaño y peso de la ca-

mada al nacer) no se vieron significativamente afectados por el consumo de lisina de las cerdas.

Las cerdas suplementadas con lisina durante la gestación y lactación destetaron camadas más grandes, observándose esta diferencia durante la primera mitad de la lactación, según lo expresó una interacción entre el tiempo posparto y las raciones de gestación y lactación ($P < .05$). Los efectos benéficos de la suplementación de lisina estuvieron quizá relacionados con una mayor producción de leche, que fue significativamente ($P < .01$) más alta como resultado de la suplementación de lisina durante la lactancia. Las cerdas que recibieron la ración deficiente en lisina durante la lactación, tuvieron mayores ($P < .02$) pérdidas de peso corporal hasta el destete.

Los resultados de este experimento apoyan observaciones previas en el sentido de que, aparentemente, la sola adición de lisina al sorgo, durante el último tercio de la gestación, es suficiente para permitir una buena respuesta productiva de la cerda gestante. Ahora bien, la respuesta al régimen alimenticio durante la gestación puede verse enmascarada por la ración de lactación. Sin embargo, si la deficiencia se presenta únicamente durante la gestación, se ve disminuida la capacidad de respuesta de las cerdas durante la subsecuente lactación. Nuestros resultados demuestran que una ración formulada con sorgo y pasta de ajonjolí al 14.5% de proteína cruda adicionada con lisina es capaz de permitir un buen comportamiento productivo durante la lactación.

¹ Illinois Agricultural Experimental Station, University of Illinois, Urbana, Ill. 61801.

² Departamento de Nutrición Animal, Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias, Apdo. Postal 41-652, Palo Alto, Cuajimalpa, 05110 México, D.F.; con apoyo del CONACYT, como becario, Exp. 19482.

³ Domicilio actual: Department of Animal Science and Ag. Biochem., University of Delaware, Newark, DE, 19711.

⁴ Department of Animal Science, University of Illinois, Urbana, Ill., 61801.

Introducción

El sorgo se reconoce como un alimento de carácter energético (NRC, 1979), aunque aporta proporciones considerables de proteína en las raciones para cerdos. Conforme el cerdo se acerca a la madurez, los requerimientos de proteína cruda disminuyen, significando esto que, con raciones basadas en el sorgo como ingrediente mayor, el aporte proteínico del cereal sea proporcionalmente más alto. Sin embargo, es cierto que los requerimientos de aminoácidos indispensables también disminuyen con la edad del cerdo, aunque el aumento de la proporción de aporte de aminoácidos a partir del sorgo, crea mayor dependencia de la calidad biológica de su proteína.

Además de cubrir los requerimientos para mantenimiento, la ración de gestación debe proveer nutrimentos para varias funciones fisiológicas, incluyendo el desarrollo fetal, la mamogénesis y, al final de la gestación, la síntesis del calostro. Cada una de estas funciones está íntimamente relacionada con las demás y, finalmente, actúan en concierto para determinar el éxito de la reproducción. Poco se sabe de la distribución de nutrimentos durante gestación para sustentar cada una de las funciones antes descritas, especialmente cuando los niveles de aporte de nutrimentos se encuentran disponibles en cantidades limitantes.

La gestación se puede llevar a término con éxito aun alimentando raciones libres de proteína (Pond *et al.*, 1968) pero, aparentemente, esto sucede a expensas de la glándula mamaria ya que las cerdas deficientes no fueron capaces de producir leche durante la subsecuente lactancia. Estos hallazgos sugieren que la madre es capaz de proteger a los productos de la concepción a costa de sus reservas corporales y que los aminoácidos son preferentemente conducidos para sustentar el crecimiento fetal, aun a costa del desarrollo de la glándula mamaria. Por otro lado, cuando las raciones deficientes en aminoácidos se hacen adecuadas durante el último tercio de la gestación, se observa un incremento en el peso de los lechones al destete, aparentemente a causa de un incremento en la capacidad secreto-

ra de leche en la marrana (Baker *et al.*, 1970b), lo que es consistente con las observaciones sobre la mamogénesis en la cerda (Hacker y Hill, 1972; Kensinger *et al.*, 1982).

En experimentos previos (Cuarón, Chapple y Easter, 1981, 1982) concluimos que para cerdas gestantes, la lisina es el primer aminoácido limitante en la proteína del sorgo, y que la suplementación de treonina, aunque es probablemente el segundo limitante, no arrojó beneficios aparentes sobre la respuesta productiva de la cerda. Este trabajo fue diseñado para continuar el estudio de la suplementación de lisina a cerdas gestantes alimentadas con sorgo como único ingrediente mayor. Además, se superimpusieron dos niveles de lisina durante la lactancia para evaluar el efecto de deficiencias durante gestación sobre cerdas alimentadas con niveles adecuados o deficientes en lisina durante la lactación, ya que, como lo concluyeron Lewis, Speer y Haught (1978), la ganancia de peso en los lechones lactantes no depende exclusivamente de la producción láctea de la madre y que deficiencias durante la gestación pueden enmascararse por un manejo y nutrición adecuados durante la lactación.

Material y métodos

Sesenta cerdas de origen híbrido (Duroc × Yorkshire × Landrace), con un promedio de una parición previa y un peso inicial promedio de 171.0 ± 16.2 kg, se asignaron, al día 60 de gestación, a uno de 3 tratamientos (Cuadro 1): sorgo basal (B), basal + L-lisina HCl (B + Lis) y una ración sorgo-pasta de soya (SS) con 12% de proteína cruda. Para evaluar la interacción del tratamiento durante la gestación con el nivel de lisina durante la lactación, dos raciones de lactación fueron impuestas factorialmente sobre los tres tratamientos de gestación. La ración basal de lactación (LB) fue formulada con sorgo y pasta de ajonjolí (Cuadro 1) para arrojar .35% de lisina y cubrir las necesidades de otros aminoácidos; la otra (LB + Lis) fue adicionada con L-lisina HCl para resultar en

CUADRO 1

Raciones experimentales

Ingrediente (%) ^a	Raciones de Gestación			Raciones de Lactación	
	SS	B	B + Lis	LE	LE + Lis
Sorgo	89.32	97.39	97.10	85.00	84.69
Pasta de soya	8.10	—	—	—	—
Pasta de ajonjolí	—	—	—	12.35	12.35
Vitaminas ^b	.10	.10	.10	.10	.10
Minerales ^c	.35	.35	.35	.35	.35
Roca fosfórica (defluorinada)	1.71	1.91	1.91	1.94	1.94
Piedra caliza	.42	.25	.25	.26	.26
L-Lisina .HCl (78) ^d	—	—	.29	—	.31
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Nitrógeno	1.91	1.41	1.44	2.33	2.36
Lisina	.42	.20	.43	.35	.50
Treonina	.37	.23	.23	.44	.44

^a Con 90% de materia seca; % de inclusión en la ración.

^b Aportó por kg de la ración: Vit. A, 3,300 UI; Vit. D₂, 330 UI; Vit. E, 22 UI; Riboflavina, 1.1 mg; Pantotenato de Ca, 6.6 mg; Ácido pantoténico, 6.1 mg; Niacina, 16.5 mg; Colina, 1,300 mg; Vit. B₁₂ (activa), 17.6 mcg.

^c Aportó por kg de la ración: Se, .1 mg; I, .35 mg; Cu, 8 mg; Mn, 20 mg; Fe, 90 mg; Zn, 100 mg; Co, .75 mg; NaCl, 2.80 g.

^d El número entre paréntesis es el % de L-lisina base.

^e Promedio de cuatro análisis por duplicado.

un .58% de lisina, llenando así las recomendaciones del NRC (1979) para cerdas lactantes. Todas las raciones fueron adecuadas (NRC, 1979) en todos los nutrientes excepto por aquellas deficiencias de lisina creadas por el diseño experimental.

Al día 60 de gestación, las cerdas se asignaron a los 3 tratamientos bajo completa aleatorización después de haberse confirmado la gravidez y de haber consumido la ración B a partir del día 30 después de la monta. Los animales se alimentaron a razón de 2.0 kg/día durante la gestación y *ad libitum*, empezando 24 hs después del parto, durante la lactación.

Durante la gestación las cerdas se alojaron en un edificio de temperatura controlada (17-24C) dotado con jaulas individuales, provistas con comedero de tolva, bebedero automático y piso de concreto

parcialmente enrejillado. Al llegar las cerdas al día 109 de gestación, fueron movidas a jaulas de parición-lactación. El peso de las cerdas se obtuvo durante los días 60 a 109 de gestación, al parto y al destete (después de 28 días de lactancia). Otras prácticas de manejo fueron típicas y representativas de los eventos seguidos por la producción comercial, con la excepción de que a los lechones no se les ofreció alimento preiniciador con la finalidad de aumentar al máximo la dependencia del lechón hacia la leche materna.

Al día 113 de gestación, o a la primera evidencia de trabajo de parto, los animales fueron sangrados por punción de la vena cava anterior y se obtuvo una biopsia del tejido mamario (Cross, Goodwin y Silvers, 1958), removiendo aproximadamente 3 g de tejido del centro de la tercera glándula

pectoral del lado derecho, cónicamente trazada; la muestra así obtenida fue congelada (-20°C) para determinaciones de ácidos nucleicos y proteína.

La concentración de ácidos nucleicos en el tejido mamario fue determinada después de una ligera modificación a los procedimientos de extracción descritos por Kensinger *et al.* (1982). Las muestras de tejido mamario fueron lavadas 2 veces con una solución salina (9%) enfiada con hielo; el tejido ya lavado se desmoronó y homogeneizó, extrayendo las fracciones más pesadas por centrifugación ($5\,000 \times g$ por 20 min a 0°C); el precipitado se liofilizó, reservando una parte para las determinaciones de proteína (Lowry *et al.*, 1951). El tejido remanente se extrajo dos veces, consecutivamente, con etanol absoluto y éter etílico (1:1, V:V), ácido tricloroacético frío (al 10%) y cloroformo-alcohol isoamílico (25:1, V:V). La separación y medición de ADN y ARN se hizo por análisis de pentosas con los reactivos de difenilamina y orcinol, respectivamente, según lo describió Schneider (1957).

Se obtuvieron muestras de calostro al parto y de leche al día 21 posparto, por expresión manual después de una inyección de oxitocina (40 U.S.P.). Se evaluó la producción de leche al día 21 de la lactancia, pesando a los lechones después de mamar a intervalos de 1 hr y por un mínimo de 8 hs según lo describen Salmon-Legagneur (1956) y Mahan *et al.* (1971). Las ganancias de peso en los lechones después de mamar se emplearon para calcular la producción de leche, expresándose ésta por lechón lactante durante un período de 24 hs.

El número y peso de los lechones se registró al nacer, a los 14 y a los 28 días de edad. Los lechones se sangraron dentro de las primeras 6 hs después de nacidos por punción de la vena cava anterior.

A las muestras de calostro y leche se determinó proteína (Macro-Kjeldahl, $N \times 6.38$, AOAC, 1975), e inmunoglobulina G (Mancini, Carbonara y Heremans, 1965). En el plasma sanguíneo de las cerdas y de los lechones se determinaron: proteína (Lowry *et al.*, 1951) e inmunoglobulina G (Mancini, Carbonara y Heremans, 1965).

Los resultados se analizaron estadísticamente conforme a un diseño completamente aleatorizado según las recomendaciones de Cochran y Cox (1959) y Steel y Torrie (1960), siendo facilitado mediante el uso del Sistema de Análisis Estadístico (SAS, 1979). Las comparaciones planeadas fueron aquellas para estimar el efecto de la suplementación de lisina, así como para comparar la adición de lisina a la ración B con la ración SS. En el análisis del tamaño de la camada o ganancia de peso de los lechones durante la lactancia se siguió el mismo formato, excepto que un análisis de parcelas divididas en tiempo se introdujo para estimar el efecto del tiempo posparto.

Resultados y discusión

Del número inicial de animales, se obtuvieron 56 observaciones, ya que una cerda resultó no preñada (del tratamiento en que se suplementó lisina durante gestación y lactación), dos se rechazaron por metritis severa (raciones SS-LB y B + Lis-LB) y una más resultó con una fractura pélvica (B + Lis-LB + Lis). Ninguna de las pérdidas de animales pareció estar relacionada con los tratamientos.

Al comparar las raciones SS y B + Lis no se obtuvo ninguna diferencia significativa ($P > .10$) en ninguno de los criterios de respuesta estudiados. El Cuadro 2 resume los resultados obtenidos al parto, en cuanto a ganancia de peso durante la gestación (día 60 a 109) y número y peso de los lechones al parto. Al haberse impuesto los tratamientos durante el último tercio de la gestación y al no haber sido las deficiencias extremas, no se esperó un incremento en la pérdida de fetos a consecuencia del tratamiento. Aunque un nivel inadecuado de aminoácidos durante gestación puede resultar en un reducido peso de los lechones al nacer (Pond *et al.*, 1969; Baker *et al.*, 1970a) nuestros resultados sugieren que una moderada deficiencia de lisina no es capaz de afectar el desarrollo fetal. Dado el reducido número de observaciones, no se pensó en encontrar diferencias en el número de lechones al parto. En cam-

CUADRO 2

Respuesta materna a la suplementación de lisina durante el último tercio de la gestación

Criterio de respuesta	R a c i ó n			EEM ^a
	SS	B	B + Lis	
Ganancia de peso (kg) ^b	10.80	9.20	11.70	1.490
Tamaño de la camada	10.10	9.75	10.25	.892
Peso promedio del lechón (kg)	1.32	1.33	1.31	.178

^a Error estándar de la media.

^b Efecto aparente ($P < .12$) de la suplementación con lisina.

bio la suplementación de lisina pudo resultar ($P < .12$) en mejores ganancias de peso de la cerda durante gestación.

La proteína plasmática e inmunoglobulina G se midieron en muestras de plasma materno al día 113 de gestación. En este experimento (Cuadro 3), a diferencia de observaciones previas (Cuarón *et al.*, 1981; 1982), no hubo respuesta en la proteína plasmática de cerdas sujetas a los diferentes tratamientos. En los trabajos antes citados se encontraron diferencias tanto para pro-

teína (favorecida por la suplementación de lisina) como para inmunoglobulina G (que respondió a la suplementación de treonina). La ración B, lo mismo que la ración B + Lis fueron francamente deficientes en treonina (NRC, 1979); considerando que durante los últimos días de la gestación hay un dinámico transporte de inmunoglobulina G a la glándula mamaria para su incorporación al calostro (Rippel *et al.*, 1965; Porter, 1969) y que puede ser necesario un incremento en la síntesis de esta proteína

CUADRO 3

Proteína en el plasma de la cerda, calostro y plasma de los lechones al parto en respuesta a la suplementación de lisina durante el último tercio de la gestación

Criterio de respuesta	R a c i ó n			EEM ^b
	SS	B	B + Lis	
		Proteína total (g/100 ml)		
Cerdas	6.76	6.65	6.63	.123
Calostro	17.09	16.50	17.17	.582
Lechones	4.35	4.14	4.35	.140
		Inmunoglobulina G (mg/ml)		
Cerdas	17.12	15.52	16.36	.676
Calostro	62.25	59.65	60.91	2.778
Lechones	13.85	13.66	14.00	.198

^a Las cerdas se sangraron al día 113 de gestación. Las muestras de calostro se tomaron al parto. Los lechones se sangraron dentro de las primeras seis horas posparto.

^b Error estándar de la media.

para mantener en homeostasis los niveles circulantes, se podría prever un incremento en la demanda de treonina, dado el contenido relativamente alto de este aminoácido en las inmunoproteínas (Smith y Greene, 1947; Beacom y Bowland, 1951). En este sentido, Kenney, Magee y Piedad-Pascual (1970) encontraron que una deficiencia de lisina no tuvo ningún efecto sobre los títulos de inmunoglobulina G en ratas. Jose y Good en 1973, en cambio, mencionaron que una moderada deficiencia de treonina pudo modificar la respuesta de los animales medida como anticuerpos hemaglutinantes. Lotan, Mokady y Horenstein (1978) notaron que la influencia de treonina sobre el sistema inmunológico no estaba correlacionada con la capacidad de ganancia de peso corporal, postulando que el timo tiene un requerimiento específico por treonina. El no haber detectado un efecto de treonina sobre la concentración de inmunoglobulina G en las cerdas bien pudo estar relacionado con las dinámicas de reciclaje de proteína y con las características electroforéticas de las mismas, que pudieron alterar los volúmenes plasmáticos (Munro, 1976; Schimke, 1980; Millward, Bates y Rosochaki, 1981).

Inoue, Kitano e Inoue (1980) concluyeron que diferencias en la calidad de la ración pueden modificar la concentración de

inmunoglobulinas en el calostro. La falta de respuesta en la proteína e inmunoglobulina G del calostro (Cuadro 3) confirma nuestras observaciones previas (Cuarón *et al.*, 1981; 1982) en el sentido de que la glándula mamaria de la cerda es capaz de extraer suficientes aminoácidos (Linzell *et al.*, 1969) e inmunoglobulinas (Porter, 1969) para resultar en la síntesis de un calostro normal que supla las necesidades tanto nutricionales como inmunológicas del recién nacido, de aquí que las concentraciones de proteína e inmunoglobulina G en los lechones (Cuadro 3) al parto hayan resultado similares.

Se ha mencionado repetidamente en la literatura (Pond *et al.*, 1968; Baker *et al.*, 1970a; Woerman y Speer, 1976) que un aporte insuficiente de aminoácidos durante la gestación resulta en una depresión del peso de los lechones al destete, a causa de una reducción en la capacidad de producción de leche en la cerda. Al medir los ácidos nucleicos en la glándula mamaria, esperamos detectar un efecto de la deficiencia de lisina sobre la mamogénesis, basados en las observaciones de Tucker y Reece (1962), ya que al suponer que el ADN se mantiene constante, su concentración en el tejido refleja la celularidad del mismo; que la concentración de ARN refleja el potencial sintético de la célula y

CUADRO 4

Efecto de la suplementación de lisina durante el último tercio de la gestación sobre la mamogénesis ^a

Criterio de respuesta	R a c i ó n			EEM ^b
	SS	B	B + Lis	
ADN ^c	34.7	34.2	35.1	1.12
ARN ^c	76.0	68.2	73.4	2.53
ARN/ADN	2.2	2.0	2.2	.80
Proteína ^d	339.0	322.5	377.0	70.63

^a Las mediciones se hicieron sobre muestras de tejido mamario obtenidas al día 113 de gestación.

^b Error estándar de la media.

^c Mg/g de tejido seco desengrasado.

^d Mg/g de tejido seco.

que la relación ARN/ADN es una indicación de las actividades sintéticas del tejido (Tucker y Reece, 1963a,b). El Cuadro 4 resume los resultados para la concentración de ácidos nucleicos en cerdas sujetas a los tratamientos experimentales. Ninguno de los criterios de respuesta se vio modificado ($P > .10$) ante la deficiencia en lisina; sin embargo, numéricamente tanto el tratamiento SS como B + Lis fueron superiores. Es posible que la falta de una respuesta definitiva en mamogénesis a la suplementación de lisina se deba a la capacidad de la glándula mamaria para extraer preferencialmente de la circulación, aminoácidos indispensables (Linzell *et al.*, 1969; Spincer, Rook y Towers, 1969); por lo que se necesitan estudios más detallados antes de hacer observaciones concluyentes.

Como mencionamos con anterioridad, el tamaño de la camada al nacer no se vio afectado por el tratamiento durante gestación, pero la sobrevivencia de los lechones en las cerdas sujetas a los diferentes tratamientos generó una interacción ($P < .05$) entre la suplementación de lisina durante la gestación y lactación con el tiempo posparto (Cuadro 5). Se observó, como era de esperarse, que las mayores pérdidas de lechones se obtuvieron durante la primera

mitad de la lactación y que la suplementación de lisina previno en cierta medida la mortandad de lechones.

La ganancia diaria de peso de los lechones se resume en el Cuadro 6. Aunque no significativamente ($P < .11$), la adición de lisina a las raciones de lactación favoreció mejores ganancias de peso en los lechones durante la segunda mitad de este período. Esto indudablemente está confundido con el tamaño de la camada durante la lactancia, aunque es posible observar que los lechones de cerdas suplementadas con lisina durante la gestación crecieron más rápidamente, condicionada esta ganancia a la presencia de suplementación de lisina durante la lactancia. Con respecto al peso de la camada al destete (Cuadro 6) se observó una interacción ($P < .09$) entre las raciones de lactación con la suplementación de lisina durante la gestación. Estos resultados subrayan la necesidad de una suplementación adecuada de aminoácidos durante ambos periodos productivos (gestación y lactación) para resultar en la máxima productividad, lo que es coincidente con las observaciones de Baker *et al.* (1970a,b) y Woerman y Speer (1976).

El consumo de alimento durante la lac-

CUADRO 5

Efecto de la suplementación de lisina durante gestación y lactación sobre el tamaño de la camada hasta el destete ^a

Número de lechones vivos	Tratamiento ^b					
	SS		B		B + Lis	
	LB	LB + Lis	LB	LB + Lis	LB	LB + Lis
Al parto	8.9	9.8	8.8	9.0	10.6	9.0
Al día 14	8.1	8.4	6.5	7.1	7.9	7.3
Al destete	7.5	8.2	6.4	6.8	7.7	7.3

^a Período de lactación de 28 días.

^b Error medio cuadrado para los efectos de la ración de gestación = 8.85; para la interacción entre raciones de gestación y lactación = 6.03, y para la interacción entre raciones de gestación, lactación y tiempo posparto = .13.

Se observó un efecto ($P < .05$) de la suplementación de lisina durante gestación \times las raciones de lactación \times el tiempo posparto.

CUADRO 6

Efecto de la suplementación de lisina durante gestación y lactación sobre el comportamiento productivo de los lechones hasta el destete

Criterio de respuesta	Tratamiento					
	SS		B		B + Lis	
	LB	LB + Lis	BL	LB + Lis	BL	LB + Lis
Ganancia de peso (g/día) ^a :						
Del nacimiento al día 14	150	160	150	150	150	150
Del día 14 al destete	170	180	150	160	150	180
Peso de la camada al destete (lg) ^b	43.18	47.93	37.37	38.28	40.69	45.25

^a Interacción entre la suplementación de lisina durante la lactación y el tiempo posparto (P < .11); error cuadrado de la media para los efectos combinados = 1192.

^b Interacción en la suplementación de lisina durante gestación y las raciones de lactación (P < .09); error cuadrado de la media para los efectos combinados = 91.891.

tación no se vio significativamente afectado por las raciones de gestación o lactación. El consumo promedio de alimento durante este período fue de 4.2 kg, que es menor al esperado de cerdas alimentadas *ad libitum*. Sin embargo, el consumo de todos los nutrimentos, a excepción de lisina en los animales sujetos a la ración LB, fue ade-

cuada. La adición de lisina durante lactación resultó en una marcada (P < .02) reducción en las pérdidas de peso de las cerdas durante lactación (Cuadro 7).

La producción de leche (Cuadro 7) se vio definitivamente afectada por el número de lechones lactantes, por lo que, buscando reducir esta variación, se expresó como el

CUADRO 7

Efecto de la suplementación de lisina durante gestación y lactación sobre el cambio de peso materno durante lactación, producción y composición de la leche

Criterio de respuesta	Tratamiento						ECM ^a
	SS		B		B + Lis		
	LB	LB + Lis	LB	LB + Lis	LB	LB + Lis	
Pérdida de peso (kg) ^b	23.5	12.0	16.5	8.0	24.0	10.0	106.71
Producción de leche ^{c,d}	700	840	540	720	690	860	18.94
Proteína de leche (%) ^d	4.5	4.8	4.5	4.6	4.4	4.4	.09

^a Error cuadrado de la media para los efectos combinados.

^b Período de lactación de 28 días; efecto de la ración de lactación (P < .02).

^c G de leche producida por lechón por día; efecto de la ración de lactación (P < .01).

^d Evaluación al día 21 de lactación.

consumo por lechón por día, aun cuando sabemos (Salmón-Legagneur, 1956) que la producción así expresada tiende a ser inversamente proporcional al número de lechones en la camada. La producción de leche no se vio afectada por el nivel de lisina durante la gestación, pero resultó notablemente incrementada ($P < .01$) ante la suplementación de lisina durante la lactación. Es interesante notar la ausencia de una interacción entre las raciones de gestación y lactación, a pesar de la aparente influencia que ejerció la suplementación de lisina durante gestación sobre la producción de leche.

La proteína de la leche (Cuadro 7) no se vio modificada por la suplementación de lisina durante la gestación o la lactación, lo que no concuerda con las observaciones hechas por Woerman y Speer (1976) y Chen *et al.* (1978), en el sentido de que niveles adecuados de lisina vs. los deficientes, tienden a incrementar la concentración de proteína en la leche. Cabe subrayar que los resultados de concentración proteínica en la leche pueden estar confundidos con el volumen total de leche arrojado por cerda. De ser esto cierto, a mayor producción total de leche, es de esperarse, si la concentración de proteína es la misma, un mayor arrojado de proteína por cerda ante la suplementación de lisina.

Cerdas que no recibieron suplementación de lisina durante la lactancia tuvieron mayores ($P < .02$) pérdidas de peso durante el mismo período. Lewis y Speer (1973) y Chen *et al.* (1978), observaron las mismas tendencias, aunque no de la magnitud obtenida en nuestro experimento. Éste efecto tan marcado quizá se debió a que el consumo de alimento durante la lactación fue menor al esperado, subrayando la deficiencia nutricional impuesta. Es importante hacer notar que aunque no hubo efecto de la suplementación de lisina durante gestación, sobre la pérdida de peso durante la lactación, esta última pareció estar ligada a las mayores producciones de leche y en las cerdas a las que no se les suplementó lisina durante la lactación.

En general, los resultados de este experimento concuerdan con la literatura en fun-

ción de los efectos de una deficiencia de lisina (Baker *et al.*, 1970a,b; Lewis y Speer, 1973; Woerman y Speer, 1976; Chen *et al.*, 1978), esto es, si la deficiencia se presenta durante el último tercio de la gestación, el potencial productivo durante la subsecuente lactación puede verse disminuido. Este efecto puede verse enmascarado o subrayado dependiendo del estado nutricional del animal durante la lactancia. Una deficiencia de lisina en un animal lactante deprime la capacidad productiva, reflejándose en un menor peso de la camada al destete. Aunque el efecto de la deficiencia durante gestación fue patente, éste no pudo relacionarse con mamogénesis. Es importante recordar que el peso de la camada reflejó el número de lechones destetados y que el efecto benéfico de la suplementación de lisina sobre éstos quizá estuvo relacionado con la capacidad de producción de leche de la cerda, incluso durante la primera semana de vida (Salmon-Legagneur y Jacquot, 1961; Cuarón *et al.*, 1983). Ahora bien, la capacidad de las cerdas para destetar un mayor número de kg de lechones quizá se relacione también con sutiles modificaciones en el desarrollo fetal, o de los lechones dentro de las primeras horas de vida extrauterina, aun cuando éstos no estén bien identificados (England, 1974) y que presumiblemente están relacionados con la liberación inicial de calostro para suplir las necesidades nutricionales más que las de inmunoglobulinas (Cuarón *et al.*, 1982; 1983). Otro factor importante, relacionado con la respuesta positiva a la suplementación de lisina, es la formación de reservas corporales en la cerda gestante y el mantenimiento de la integridad física de la cerda lactante (Etienne, 1979).

En resumen, es evidente que la suplementación de lisina durante el último tercio de la gestación es suficiente para mantener la capacidad productiva de la cerda, esto con la condición de que se mantenga un consumo adecuado de nutrimentos durante la subsecuente lactación. El efecto negativo de las deficiencias de lisina durante gestación y lactación está ligada a la producción de leche, aun cuando no pudo relacionarse con la celularidad y actividad

de la glándula mamaria (medidas en función de la concentración de ácidos nucleicos). No puede descartarse que el efecto de lisina esté relacionado con el mantenimiento del peso de la cerda.

Summary

Sixty sows were used to evaluate the response to 3 gestation and 2 lactation diets. During gestation sows were fed a sorghum basal diet (sorghum fortified with vitamins and minerals) up to day 59 post-coitum. Experimental gestation diets were imposed at day post-coitum and were: sorghum-soybean meal (12% C.P.), sorghum basal and basal plus L-lysine-HCl. During lactation, 2 rations were factorially imposed to the gestation treatments; the rations were: a basal sorghum-sesame-seed meal, calculated to be deficient only in lysine, and the basal plus L-lysine-HCl. Lysine additions were made to reach to NRC (1979) recommended dietary concentrations.

No differences were found, for any of the criteria studied, in the comparison of the sorghum-soybean meal and the sorghum-lysine HCl treatments. During gestation, Lysine supplementation tended ($P < .12$) to result in greater sow weight gain. Other criteria of response during gestation (mammary gland nucleic acids, sow and piglet plasma and colostrum protein and immunoglobulin G, litter size and weight at birth) were not significantly affected by

lysine adequacy. Sows supplemented with lysine during both, gestation and lactation weaned larger litters in an interaction between gestation and lactation diets and time post-partum ($P < .05$). Piglets from sows supplemented with lysine during lactation tended ($P < .11$) to show greater average of daily gain during the second half of the nursing period. The combination of larger litters at weaning and better piglet gains, resulted in a tendency ($P < .09$) to wean heavier litters in sows supplemented with lysine during gestation and within these, those receiving lysine during lactation gave a better response (gestation \times lactation diets interaction). The effects of lysine supplementation were probably related to a higher milk yield, which was detected significant ($P < .01$) as an effect to the lactation diets. Sows not supplemented with lysine during lactation had significantly ($P < .02$) greater weight losses up to weaning.

The results support previous experiments, in the sense that, apparently, only lysine supplementation to sows fed sorghum is necessary and that the supplementation could be done only during the last third of pregnancy. The response to the feeding regime during gestation could be masked by the lactation diets. However, if a deficiency is present during gestation sow productive responses are diminished. A sorghum-sesame-seed meal diet with 14.5% crude protein, with lysine added, is adequate to support adequate lactation performance.

Literatura citada

- A.O.A.C., 1975, Official Methods of Analysis (12ava. ed.) Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.
- BAKER, D.H., D.E. BECKER, A.H. JENSEN y B.H. HARMON, 1970a, Reproductive performance and progeny development as influenced by nutrition during pregnancy and lactation. III. *Agr. Exp. Sta. Rep.* ASS-6553, Urbana.
- BAKER, D.E., D.E. BECKER, A.H. JENSEN y B.G. HARMON, 1970b, Reproductive performance and progeny development in swine as influenced by protein restriction during various portions of gestation. *J. Anim. Sci.*, 31:526.
- BEACOM, S.E. y J.P. BOWLAND, 1951, Essential amino acids. (Except Tryptophan) content of colostrum and milk of the sow. *J. Nutr.*, 45: 419.
- CHEN, S.Y., J.P.F. D'MELLO, F.W.E. ELSLEY y A.G. TAYLOR, 1978, Effect of dietary lysine levels on performance, N metabolism and plasma amino acid concentrations of lactating sows. *Amin. Prod.*, 27:331.
- COCHRAN, W.G. y G.M. COX, 1957, Experimental Designs. Segunda Ed., *John Wiley and Sons*, New York.

- CROSS, B.A., F.R.W. GOODWIN e I.A. SILVERS, 1958, A histological and functional study in normal and agalactic sows. *J. Endocrin.*, 17:63.
- CUARÓN, J.A., R.P. CHAPPLE y R.A. EASTER, 1981, Differential response to threonine and lysine supplementation of sorghum based diets fed to gravid swine. *J. Anim. Sci.*, 53: Suplemento 2: 283 (resumen).
- CUARÓN, J.A., R.P. CHAPPLE y R.A. EASTER, Effect of lysine and threonine supplementations of a sorghum based diet on nitrogen balance and immunological response of gravid swine. *J. Anim. Sci.*, 55: Suplemento 1:372 (resumen).
- CUARÓN, J.A., R.P. CHAPPLE y R.A. EASTER, 1983, Suplementación de aminoácidos a cerdas gestantes; interacciones con temperatura ambiental al momento del parto. Reunión Anual de Investigación Pecuaria en México, noviembre 30 al 2 de diciembre, Unidad de Congresos del Centro Médico Nacional, México, D.F. (Trabajo condensado).
- ENGLAND, D.C., 1974, Husbandry components in prenatal and perinatal development in swine. *J. Anim. Sci.*, 38:1045.
- ETIENNE, M., 1979, Influence de l'alimentation des truies gravides sur l'évolution des réserves corporelles maternelles et le développement de la portée. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.* 19 (1B):289.
- HACKER, R.R. y D.L. HILL, 1972, Nucleic acid content of mammary glands of virgin and pregnant gilts. *J. Dairy Sci.*, 55:1295.
- INOUE, T., K. KITANO y K. INOUE, 1980, Possible factors influencing the immunoglobulin G concentration in swine colostrum. *Amer. J. Vet. Res.*, 41:1134.
- JOSE, D.G., y R.A. GOOD, 1973, Quantitation of nutritionally essential amino acids deficiency upon immune response to tumors in mice. *J. Exp. Med.*, 137:1.
- KENNEY, M.A., J.L. MACEE y F. PIEDAD PASCUAL, 1970, Dietary amino acids and immune response in rats. *J. Nutr.*, 100:1063.
- KENSINGER, R.S., R.J. COLLIER, F.W. EAZER, C.A. DUCSAY y H.N. BECKER, 1982, Nucleic acid, metabolic and histological changes in gilt mammary tissue during pregnancy and lactogenesis. *J. Anim. Sci.*, 54:1297.
- LEWIS, A.J. y V.C. SPEER, 1973, Lysine requirement of the lactating sow. *J. Anim. Sci.*, 37: 104.
- LEWIS, A.J., V.C. SPEER y D.G. HAUGHT, 1978, Relationship between yield and composition of sows milk and weight gains of nursing pigs. *J. Anim. Sci.*, 47:634.
- LINZELL, J.L., T.B. MEFHAM, E.F. ANNISON y C.E. WEST, 1969, Mammary metabolism in lactating sows: arterio-venous differences of milk precursors and the mammary metabolism of (¹⁴C) glucose and (¹⁴C) acetate. *Br. J. Nutr.*, 23: 319.
- LOTAN, R.S., S. MODADY y L. HORENSTEIN, 1978, The effect of lysine and threonine supplementation on the immune response of growing rats fed wheat gluten diets. *Nutr. Rep. Int.*, 22:313.
- LOWRY, O.N., N.J. ROSENBRUGH, A.L. FARR y R.J. RANDALL, 1951, Protein measurement with the Folin-phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, 193: 265.
- MAHAN, D.C., D.E. BECKER, H.W. NORTON y A.H. JENSEN, 1971, Milk production in lactating sows and time lengths used in evaluating milk production estimates. *J. Anim. Sci.*, 33:35.
- MANCINI, G.A., O. CARBONARA y J.F. HEREMANS, 1965, Immunochemical quantitation of antigens by single radial immunodiffusion. *Immunochem.*, 2:235.
- MILLWARD, D.J., P.C. BATES y S. ROSOCHAKI, 1981, The extent and nature of protein degradation in tissues during development. *Reprod. Nutr. Develop.*, 21:265.
- MUNRO, H.N., 1976, Regulation of body protein metabolism in relation to diet. *Proc. Nutr. Soc.*, 35:297.
- N.R.C., 1979, Nutrient requirements of domestic animals, N° 2. Nutrient Requirements of Swine. 8th Ed. Rev. National Academy of Sciences, National Research Council, Washington, D.C.
- POND, W.G., W.C. WAGNER, J.A. DUNN y E.F. WALKERS, JR., 1968, Reproduction and early postnatal growth of progeny in swine fed a protein free diet during gestation. *J. Nutr.*, 49:309.
- POND, W.G., D.N. STRACHAN, Y.N. SINHA, E.F. WALKERS, JR., J.A. DUNN y R.E. BARNES, 1969, Effect of protein deprivation on swine during all or part of gestation on birth weight, postnatal growth rate and nucleic acid content of brain and muscle of progeny. *J. Nutr.*, 99:61.
- PORTER, P., 1969, Transfer of immunoglobulins IgG, IgA and IgM to lacteal secretions in the parturient sow and their absorption in the neonatal piglet. *Biochem. Biophys. Acta*, 181:381.
- RIPPEL, R.H., B.G. HARMON, A.H. JENSEN, H.W. NORTON and D.E. BECKER, 1965, Some amino acid requirements of the gravid gilt fed a purified diet. *J. Anim. Sci.*, 24:378.
- SAS, 1979, Statistical Analysis System. Users' Guide, S.A.S. Institute, Cary, N.C.
- SALMON-LEGACNEUR, E., 1956, La mesure de la production laitière chez la truie. *Ann. Zootechnie* (Paris), 5:95.

- SALMON-LECAGNEUR, E y R. JACQUOT, 1961, Influence du niveau alimentaire sur le comportement nutritionnel de la truie gestante. *C.R. Acad. Sci., Paris*, 253:1497.
- SCHIMKE, R.T., 1980, Regulation of protein degradation in mammalian tissues. En Munro, H.N. *Mammalian Protein Metabolism*, Vol. IV, Academic Press, New York, N.Y.
- SCHNEIDER, W.C., 1957, Determination of nucleic acids by penthose analysis. *Methods in Enzymol.*, 3:680.
- SMITH, E.L. y R.D. GREENE, 1947, Further studies on the amino acid composition of immune proteins. *J. Biol. Chem.*, 171:355.
- SPINER, J. F., A.F. ROOK y K.G. TOWERS, 1969, Uptake of plasma constituents by the mammary gland of the sow. *J. Dairy Res.*, 38:315.
- STEEL, R.G.D. y J.H. TORRIE, 1960, Principles and Procedures of Statistics. McGraw Hill Book Co., Inc., New York, N.Y.
- TUCKER, H.A. y R.P. REECE, 1962, Nucleic acid estimates of mammary tissue and nucleic. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 111:639.
- TUCKER, H.A. y R.P. REECE, 1963b, Nucleic acid content of mammary glands of pregnant rats. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 112:370.
- TUCKER, H.A. y R.P. REECE, 1963b, Nucleic acid content of mammary glands during post lactational involution. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 112:1002.
- WOERMAN, R.L. y V.C. SPEER, 1976, Lysine requirement of reproduction in swine. *J. Anim. Sci.*, 42:114.