

# L-LISINA Y HARINA DE CARNE Y HUESO EN DIETAS PARA CERDOS BASADAS EN HARINA DE YUCA Y PULIDO DE ARROZ <sup>a, b</sup>

Juan López <sup>c</sup>

Gabriel Chávez Rosiles <sup>c</sup>

José A. Cuarón Ibarquengoytia <sup>d</sup>

## RESUMEN

Con 196 cerdos se evaluó la respuesta a la adición de Lisina a partir de harina de carne y hueso (CARNE) o de monoclóhidrato de lisina (LYS). Se formularon dos dietas basales deficientes en el aminoácido: una, para cerdos de 25 a 50 Kg (0.62% de Lisina) y la otra, ofrecida desde los 50 Kg de peso corporal (0.51% de Lisina). Los niveles de Lisina fueron del 0.05, 0.10 y 0.15% de la dieta; planteándose entonces, siete dietas; Basal y las seis de los 3 niveles de Lisina por cada una de las fuentes (CARNE o LYS). Bajo un diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones por tratamiento, los cerdos se alimentaron a libertad y se midió el consumo voluntario diariamente. Se calcularon la ganancia diaria de peso y la eficiencia alimenticia hasta que los animales alcanzaron un peso promedio superior a los 92 Kg. La ganancia diaria de peso y la eficiencia alimenticia mejoraron linealmente ( $P < 0.007$ ) por la adición de lisina. La magnitud de respuesta en ganancia de peso fue mayor ( $P < 0.05$ ) con LYS:  $Y = 0.44 + 1.84(X)$ ,  $r^2 = 0.96$ , mientras que con CARNE, resultó de:  $Y = 0.45 + 1.38(X)$ ,  $r^2 = 0.92$ . Al calcular la relación de pendientes, la disponibilidad de Lisina en esta muestra de CARNE fue del 75% de aquella en L-Lisina HCl.

PALABRAS CLAVE: Lisina, Harina de carne y hueso, Aminoácidos, Nutrición, Cerdos.

Tec. Pecu. Mex. Vol. 32 No. 2, (1994)

## INTRODUCCION

El uso de los granos de cereales, como alimentos energéticos para la producción pecuaria en los trópicos, se ha cuestionado como la mejor opción económica ya que en las áreas tropicales existen alternativas que, sin desplazar otros cultivos, pueden arrojar una mayor cantidad de energía metaboliza-

ble por hectárea y por año (1), como la caña de azúcar y la yuca (*Manihot esculenta* C). La yuca, como otros alimentos de origen tropical, es un ingrediente de inferior calidad nutritiva a la de los granos de cereales, fundamentalmente porque tiene menor concentración de proteína, además de que el perfil y disponibilidad de los aminoácidos de ésta son francamente pobres (2).

Para compensar la deficiencia de proteína en ingredientes energéticos como éstos, sin exceder el uso de suplementos proteicos de buena calidad, se ha optado por el premezclado con otros ingredientes que, disponibles localmente, enriquezcan proteicamente al alimento, como el pulido de arroz, la pasta de coco y la harina de hojas de yuca (3,4,5), logrando con ésto

a Recibido para su publicación el 18 de enero de 1993.

b Trabajo parcialmente financiado por Fermentaciones Mexicanas, S.A. de C.V., y el Patronato de Apoyo a la Investigación y Experimentación Pecuaria en México, A.C.

c Campo Experimental de Huimanguillo, Tab., INIFAP. Apartado Postal 17, Huimanguillo, Tab. 86400.

d Centro Nacional de Investigación en Fisiología y Mejoramiento Animal, INIFAP. Apartado Postal 29-A, Querétaro, Qro. 76020.

imitar el valor nutritivo de los granos de cereales. No obstante, éstos complementos proteicos ofrecen problemas relativos a la potencial dilución de la energía (3,4) o la baja disponibilidad de sus aminoácidos, particularmente lisina por su carácter de primer limitante (6).

En consecuencia, el valor de muchos ingredientes tropicales, como la harina de raíz de yuca (YUCA), está supeditado a la disponibilidad de concentrados proteicos de buena calidad, mismos que regionalmente son escasos. Sin embargo, con la industrialización de los productos agropecuarios, se han generado buenas alternativas para la suplementación, como la L-Lisina. HCl (LYS) y los subproductos de origen animal, destacando la harina de carne y hueso (CARNE).

La correcta utilización de los suplementos proteicos, en un contexto moderno de formulación de raciones, demanda el conocimiento de la concentración y disponibilidad de los aminoácidos, hecho que en México, como en el resto de los países comprendidos entre los trópicos, se dificulta por la casi nula existencia de equipo para conducir estos análisis. Opcionalmente, se puede recurrir a la respuesta animal para evaluar el aporte de aminoácidos, en donde, a partir de la adición de una cantidad conocida de un aminoácido, es factible estimar, en función de un patrón, la disponibilidad del nutriente en el ingrediente problema (7,8,9). El objetivo de este trabajo fue evaluar la complementación con Lisina en dietas formuladas con algunos ingredientes del trópico húmedo mexicano. Aprovechando la inclusión de LYS, cuya disponibilidad de Lisina es del 100% (10), se planteó el uso de una metodología de relación de pendientes para estimarla del aminoácido suplementario a partir de una muestra de harina de carne y hueso disponible regionalmente.

## MATERIALES Y METODOS

El experimento se condujo en la Granja Experimental de Huimanguillo, Estado de Tabasco, con clima AF(m) W(i)g cálido húmedo (11), con temperatura media anual de 25.5 C y una precipitación pluvial media de 2360 mm. Las instalaciones usadas pueden ser descritas como corraletas de tipo frente abierto modificado, totalmente techadas, con piso sólido de concreto (para una superficie útil de 16 M<sup>2</sup>). Cada corraleta estuvo dotada de un comedero lineal de canoa (5m), sin tolva y de tres bebederos de chupón sobre un drenaje enrejillado.

Se usaron 196 cerdos (112 machos castrados y 84 hembras) producto de un cruzamiento alterno Duroc x Landrace, con peso inicial promedio de  $25.2 \pm 1.2$  Kg. Los animales se obtuvieron de cuatro grupos de parición, aleatorizándolos a los tratamientos por grupo y camada, cuidando que en cada bloque (el grupo de parición) se tuvieran cuatro machos y tres hembras por corral, uno de cada una de las camadas en el bloque.

En la formulación de raciones, los ingredientes mayores usados fueron productos de la región, adquiridos en el mercado local. Previo muestreo, se realizó el análisis químico proximal: N de Kjeldahl, cenizas, grasa y fibra crudas; por diferencia se calcularon los elementos libres de nitrógeno (12) y, con base en los resultados del análisis proximal, se calculó la energía metabolizable. Los aminoácidos se determinaron comercialmente (por separación cromatográfica), previa hidrólisis alcalina en una atmósfera saturada con CO<sub>2</sub> (13,14). Se optó (dada su disponibilidad, calidad y precio) por usar los siguientes: harina de raíz de yuca, pulido de arroz, melaza de caña, pasta de coco y harina de carne y hueso.

Los análisis químicos proximales y los aminogramas mostraron una composición muy similar a la publicada en otras fuentes

de información sobre la composición de los ingredientes usados (15, 16). Dada su relevancia para este estudio, en el Cuadro 1., se presenta la composición de los ingredientes que aportaron una porción significativa de los aminoácidos a las dietas. Partiendo de la composición analizada de los ingredientes, se formularon dos dietas basales, una para cada etapa de producción: de los 20 a los 50 Kg y de este último peso hasta el de mercado (92 Kg o más de peso corporal), según las recomendaciones del NRC (15). Las dietas se calcularon para ser isoenergéticas a 2.9 Mcal de energía metabolizable / Kg y deficientes en Lisina, 0.62 y 0.51% de la dieta para la primera y segunda etapa respectivamente. En el caso del calcio y fósforo, se cuidó que su relación fuese entre 1.26:1 y 1.57:1 y que, por la gran concentración de calcio, el aporte de zinc estuviese en una relación mínima con el primero de 100:1. La inclusión de los ingredientes se restringió

sólo en el caso de las premezclas (a un nivel fijo para satisfacer los requerimientos) y el pulido de arroz (al 26% de las dietas), el resto, se incluyeron a los niveles resultantes de un proceso de formulación por programación lineal a costo mínimo.

Los tratamientos experimentales se establecieron por la adición de niveles crecientes de Lisina: 0.05, 0.10 y 0.15% de la dieta, a partir de LYS (78 % de Lisina) o de CARNE. Por lo tanto, se tuvo que recurrir al ajuste de las dietas, modificando proporcionalmente las concentraciones de pasta de coco, melaza o CARNE. La composición de las dietas y su análisis calculado se muestra en el Cuadro 2., para la etapa de 25 a 50 Kg y, en el Cuadro 3., de las ofrecidas a los cerdos a partir de los 50 Kg.

Los cerdos se pesaron una semana previa al inicio del experimento, a fin de facilitar la asignación a los corrales por la aleatorización descrita. Hecho esto, se pesó a los animales

**CUADRO 1**  
COMPOSICION ANALIZADA DE LOS SUPLEMENTOS PROTEICOS

NUTRIENTE	SUPLEMENTO		
	H. Carne y Hueso	Pulido Arroz	Pasta de Coco
Energía Metabolizante, Mcal/Kg <sup>a</sup>	2.35	3.43	2.50
Proteína Cruda (Nx 6.25), %	50.35	11.90	21.97
Grasa Cruda, %	8.35	12.60	4.60
Cálcio, %	9.50	0.08	0.17
Fósforo, %	4.63	1.36	0.16
<sup>a</sup> Calculada			
AMINO ACIDOS, %			
Lisina	2.85	0.49	0.52
Treonina	1.57	0.32	0.56
Triptofano	0.27	0.10	0.18
Met. + Cys.	1.14	0.37	0.54
Phe. + Tyr.	1.38	0.85	1.67
Isoleucina	1.49	0.37	1.01
Leucina	3.14	0.78	1.49
Valina	2.01	0.65	0.81
Arginina	3.79	2.10	2.33
Histidina	1.10	1.43	0.30

**CUADRO 2**  
COMPOSICION DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES PARA CERDOS  
EN CRECIMIENTO (HASTA LOS 50 KG. DE PESO).

Fuente de Lisina	BASAL				H. de Carne y Hueso			
	0	0.05	0.10	0.15	0.05	0.10	0.15	
Lisina adicionada %	0	0.05	0.10	0.15	0.05	0.10	0.15	
Harina de Raíz de Yuca	31.24	32.14	33.15	34.15	31.24	31.17	31.10	
Pulido de Arroz	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	
Melaza de Caña	8.26	8.60	8.98	9.38	8.20	8.20	8.20	
Pasta de Coco	20.00	16.27	12.10	7.93	20.00	20.00	20.00	
Harina de Carne y Hueso	13.80	16.29	19.07	21.84	13.80	13.80	13.80	
L-Lisina. HCl (78%)	- -	- -	- -	- -	0.06	0.13	0.20	
Premezcla de Vitaminas *	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	
Premezcla de Minerales <sup>b</sup>	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	

**ANALISIS CALCULADO**

Energía Metab., Mcal/kg	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90
Proteína Cruda, %	14.73	15.19	15.71	16.23	14.74	14.74	14.74
Lisina, %	0.62	0.67	0.72	0.77	0.67	0.72	0.77
Cálcio, %	1.45	1.69	1.95	2.21	1.45	1.45	1.45
Fósforo, %	1.11	1.20	1.31	1.41	1.11	1.11	1.11

a Cada kg aportó: 2'000.000 UI de Vit. A; 240,000 UI de Vit. D3; 1,000 UI de Vit. E; 4g de Menadiona; 4 g de Pantotenato de Ca.; 16 g de Colina; 1.2 mg de Vit. B12; 6g de Niacina; 0.005 g de Piridoxina y 1 g de Riboflavina.

b Del Total, 0.35 % fue de Cloruro de Sodio; cada kg aportó; 12 mg de Se; 200 mg de I; 5 g de S; 30 g de Fe; 3g de Cu; 50g de Zn y 2 g de Mn.

**CUADRO 3**  
COMPOSICION DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES PARA CERDOS  
EN FINALIZACION (DE 50 KG. HASTA EL PESO DE MERCADO).

Fuente de Lisina	BASAL				H. de Carne y Hueso			
	0	0.05	0.10	0.15	0.05	0.10	0.15	
Lisina adicionada %	0	0.05	0.10	0.15	0.05	0.10	0.15	
Harina de Raíz de Yuca	33.96	34.78	35.59	36.39	33.95	33.93	33.91	
Pulido de Arroz	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	
Melaza de Caña	13.98	14.29	14.60	14.91	13.93	13.88	13.83	
Pasta de Coco	14.67	11.27	7.93	4.60	14.67	14.67	14.67	
Harina de Carne y Hueso	10.69	12.96	15.18	17.40	10.69	10.69	10.69	
L-Lisina. HCl (78%)	- -	- -	- -	- -	0.06	0.13	0.20	
Premezcla de Vitaminas *	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	
Premezcla de Minerales <sup>b</sup>	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	

**ANALISIS CALCULADO**

Energía Metab., Mcal/kg	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90
Proteína Cruda, %	12.28	12.70	13.12	13.53	12.28	12.28	12.28
Lisina, %	0.51	0.56	0.61	0.66	0.56	0.61	0.66
Cálcio, %	1.20	1.41	1.62	1.83	1.20	1.20	1.20
Fósforo, %	0.95	1.03	1.11	1.20	0.95	0.95	0.95

a Cada kg aportó: 2'000.000 UI de Vit. A; 240,000 UI de Vit. D3; 1,000 UI de Vit. E; 4g de Menadiona; 4 g de Pantotenato de Ca.; 16 g de Colina; 1.2 mg de Vit. B12; 6g de Niacina; 0.005 g de Piridoxina y 1 g de Riboflavina.

b Del Total, 0.35 % fue de Cloruro de Sodio; cada kg aportó; 12 mg de Se; 200 mg de I; 5 g de S; 30 g de Fe; 3g de Cu; 50g de Zn y 2 g de Mn.

inicialmente y después, cuando menos cada dos semanas (con fines de supervisión para el cambio de las dietas, según la etapa del crecimiento), hasta que el promedio de cada corral alcanzara 92.0 Kg de peso o más, cuando se dió por terminado el ensayo, calculando entonces la ganancia diaria de peso por diferencia entre el peso inicial y el final.

Durante el curso del experimento, los animales se alimentaron a saciedad dos veces por día para minimizar el desperdicio de alimento; los datos del consumo se registraron diariamente, para expresarlos como el consumo promedio por animal y día. De los resultados de la ganancia y el consumo, se calculó la eficiencia alimenticia y de las fracciones proteica y energética como la ganancia diaria de peso (g) sobre el consumo promedio diario de alimento (kg), proteína cruda (g) o energía metabolizable (Mcal).

Al final del experimento, al alcanzar cada unidad experimental una media de 92 kg o más y previo retiro del alimento por catorce horas, los cerdos fueron llevados al rastro, en donde se insensibilizaron para su sacrificio por exanguinación. Las canales se pesaron calientes, incluyendo la piel, la cabeza y las patas, a fin de calcular el rendimiento y, sobre la línea media, se midió la profundidad de la capa dorsal de grasa, expresándose ésta como la media de tres mediciones: a la altura de la primera costilla, última costilla y última vértebra lumbar.

Los resultados se sometieron a un análisis de varianza, usando un modelo de bloques al azar (17), lo que se facilitó por el uso del paquete estadístico SAS (18), con los Modelos Lineales Generales (GLM). Los efectos analizados fueron: los contrastes ortogonales del efecto de la adición de Lisina (independientemente del origen del aminoácido) y, la comparación de una fuente de Lisina contra la otra.

Ya que los niveles de Lisina se calcularon para caer dentro la respuesta lineal al

aminoácido (de la deficiencia al requerimiento), de ser este efecto significativo ( $P < 0.05$ ), se planteó un análisis de relación de pendientes (7,8,9), donde las ecuaciones lineales se aplican en una función; con el modelo  $Y = a + b(X)$ , el efecto de la CARNE ( $b_1$ ), entre el efecto por la adición de LYS ( $b_2$ ), para calcular la disponibilidad de Lisina, como el primer aminoácido limitante, expresándola como el porcentaje de aquella en CARNE en función de LYS ( $b_1/b_2$ ).

## RESULTADOS

El peso inicial promedio de los cerdos en el experimento fue el mismo ( $P > 0.05$ ) entre tratamiento y alcanzaron el peso objetivo (92 Kg o más) en un rango de 84 a 161 días, denotando esto por la ganancia diaria de peso. Los resultados obtenidos durante la engorda y de las mediciones de las canales se resumen en el Cuadro 4.

El consumo promedio diario de alimento y de energía metabolizable fueron iguales ( $P > 0.05$ ) y, aunque, por la adición de lisina a partir de Harina de carne y hueso, las dietas no fueron isoproteicas, el consumo diario de proteína resultó similar ( $P > 0.05$ ): 429 g diarios (CV = 6.20%).

En cambio, la ganancia diaria de peso mejoró linealmente ( $P < 0.001$ ) por la adición de lisina en la dieta, pero la magnitud del incremento fue mayor ( $P < 0.05$ ) cuando la suplementación se hizo a partir de la fuente cristalina del aminoácido (LYS).

Linealmente, se mejoró ( $P < 0.007$ ) la eficiencia alimenticia, medida como la ganancia de peso (g) en función del consumo de alimento (kg), siendo en este caso similar ( $P > 0.05$ ) entre las fuentes de lisina: 187 vs 193 g/kg. En consecuencia, la respuesta en la eficiencia energética ( $P < 0.004$ ) y la eficiencia proteica ( $P < 0.04$ ) fue lineal a la adición de lisina.

Conviene subrayar, en lo que se refiere a la

**CUADRO 4**  
**RESPUESTA DE CERDOS PARA ABASTO A LA SUPLEMENTACION DE LISINA**  
**CON HARINA DE CARNE Y HUESO O MONOCLORHIDRATO DE LISINA**

	BASAL		SERIE H. DE CARNE			SERIE L-LISINA HCI			EEM
	0	0.05	0.10	0.15	0.05	0.10	0.15		
LISINA ADICIONADA %	0	0.05	0.10	0.15	0.05	0.10	0.15	EEM	
Peso Inicial, kg	23.20	23.10	23.10	21.90	22.80	21.90	23.30	0.702	
Consumo de alimento, kg / cerdo / día	3.00	3.20	3.10	3.30	3.00	3.30	3.30	0.212	
Ganancia de peso, g / cerdo / día <sup>a</sup>	450	510	650	630	520	620	740	22.796	
Ganancia, g / Consumo, kg <sup>b</sup>	150	160	210	190	170	190	220	10.497	
Grasa dorsal promedio, cm <sup>c</sup>	3.22	2.84	2.61	2.67	2.62	2.77	2.40	0.191	
Consumo de Energía metab., Mcal / día	8.58	9.25	8.90	9.45	8.63	9.44	9.60	0.615	
Ganancia, g / Consumo EM, Mcal <sup>d</sup>	52.45	55.14	73.03	66.70	60.25	65.70	77.00	3.699	
Consumo de Proteína cruda, g / día	393	435	436	474	394	433	438	26.560	
Ganancia, g / Consumo Prot., g <sup>e</sup>	1.14	1.17	1.49	1.33	1.32	1.43	1.69	0.076	

- <sup>a</sup> La adición de Lisina resultó en una respuesta lineal (P< 0.001); la magnitud de la respuesta entre fuentes fué diferente (P<0.05).
- <sup>b</sup> La respuesta a la adición de Lisina fué lineal (P<0.007).
- <sup>c</sup> Lisina redujo la grasa dorsal linealmente (P<0.02).
- <sup>d</sup> Efecto lineal de Lisina (P<0.004); en la serie de Harina de Carne y Hueso, la respuesta a la adición fué cuadrática (P<0.001).
- <sup>e</sup> Respuesta lineal (P<0.04) a la adición de Lisina; en la serie Harina de Carne y Hueso, la respuesta fué cuadrática (P<0.02).

eficiencia energética y la eficiencia proteica (Y), que la respuesta a la CARNE fue cuadrática (P<0.02, Cuadro 4.), lo que sugiere un límite en la eficacia de la harina de carne como suplemento proteico o fuente de lisina; las ecuaciones de regresión que definieron los efectos son:

Eficiencia energética:  $Y = - 1465.854 + 209.156(X) - 7.112 (X^2)$

Eficiencia proteica:  $Y = - 29.819 + 4.350(X) - 0.151 (X^2)$

en donde X es el nivel (%) de adición de CARNE.

Cuando se calculó el punto de inflexión de cada una de las curvas (7,8,9), por el análisis de la primera derivada, éste resultó de alrededor del 14.7% de harina de carne y hueso en la dieta, para la eficiencia energética y cercano al 14.5% con la ecuación de la eficiencia proteica.

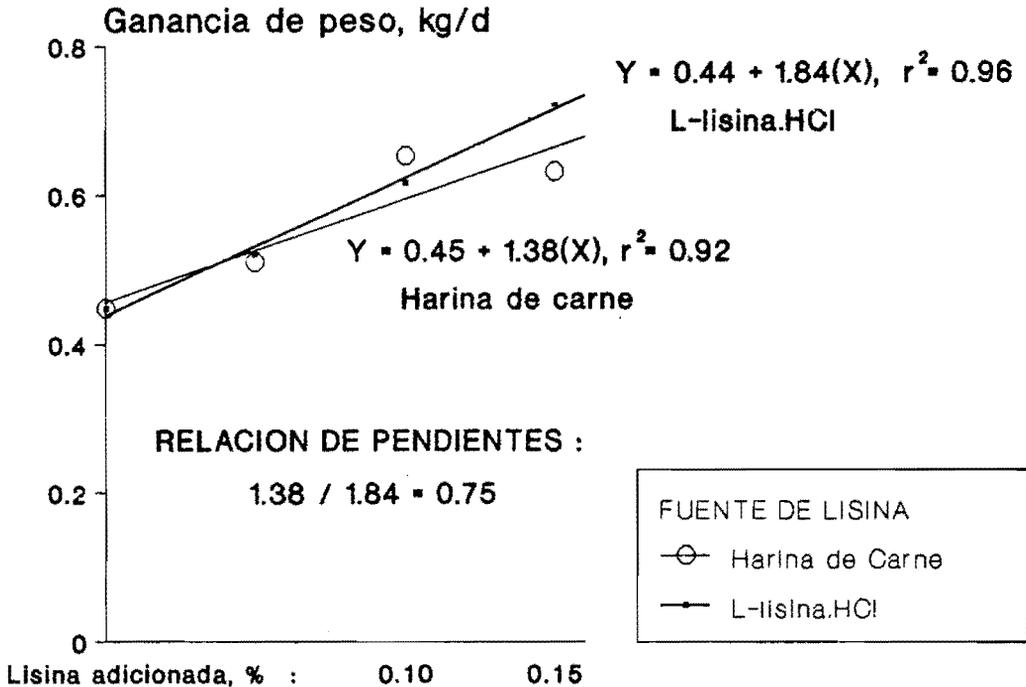
El rendimiento de las canales (peso en canal en función del peso al sacrificio) fue similar, siendo la media del 79.2% (P>0.05), CV =

6.17%). La grasa dorsal, en cambio, respondió linealmente ( $P < 0.02$ ) a la adición de Lisina, independientemente de la fuente de ésta:  $Y = 9.57 + 0.996(X)$ ,  $r^2 = 0.89$ , siendo X el nivel adicionado de Lisina: 0 a 0.15% de la dieta.

Al contrastar las respuestas observadas en el experimento con una prueba de relación

de pendientes, particularmente la de la ganancia diaria de peso (Gráfica 1.), dada su directa medición, se pudo calcular la disponibilidad de Lisina en esta muestra de harina de carne y hueso, resultando en un índice del 75% en relación al monoclóhidrato de lisina, o bien, 2.13% de lisina disponible en esta muestra de CARNE.

## RESPUESTA A LA ADICION DE LISINA DE L-LISINA.HCl O HARINA DE CARNE



### DISCUSION

Los patrones prevalentes en el país para la alimentación de cerdos se fundamentan en el uso de granos de cereales y pasta de soya; mientras que, el valor de complementación de los ingredientes alternos, se ha supeditado sólo al potencial de sustitución de los primeros (1.19).

Los resultados subrayan la importancia de considerar independientemente a cada ingrediente, donde su valor está en función de sus características intrínsecas y del valor

de complementación que tenga con el resto de los alimentos en la dieta que se formule. En el caso de las dietas usadas, se destacó a la lisina como el primer aminoácido limitante y es que, aún cuando se cubrieran las demandas de proteína, si el aporte de alguno de los aminoácidos esenciales es insuficiente, la respuesta animal se limitará entonces hasta el punto en que se satisfaga su requerimiento (8,20,21).

Así las restricciones de formulación de las raciones evaluadas, permitieron obtener una

clara respuesta a la adición de lisina, demostrando entonces el carácter limitante de este aminoácido y el que las dietas fueran aparentemente adecuadas en el aporte del resto de los nutrientes (8).

En este experimento, la media observada en la ingestión diaria de alimento fue en general alta (3.2 kg / cerdo / día), pero el consumo calculado de energía estuvo dentro de los rangos esperados para cerdos de la edad y peso de los usados (15,19,22,23). El consumo de lisina sólo llenó marginalmente la demanda de los animales (15,22), aún cuando el aminoácido se adicionó en el nivel más alto (0.15% de la dieta); el consumo de treonina y triptofano fueron marginales, pero no se alcanzó una deficiencia; las demandas del resto de los nutrientes fueron satisfechas por todas las dietas, excediendo incluso las recomendaciones del NRC (15).

No se esperaba que el consumo voluntario de alimento se modificara, ya que el cerdo lo regula fundamentalmente para satisfacer sus necesidades de energía y ya que, deficiencias o excesos de diversos nutrientes, lo afectarán sólo cuando se alcancen niveles extremos (e.g., con proteína en la dieta menor al 8 y mayor al 30%), mismos que en dietas comunes son difíciles de encontrar (15,19,22). Sin embargo, otros autores (24,25,26) han mencionado que una deficiencia de lisina puede reducir el consumo, sobre todo si hay un desbalance en el aporte de los aminoácidos.

Henry *et al.* (27) encontraron, por ejemplo, un efecto negativo en el consumo voluntario de alimento al incrementar la concentración de proteína, a un nivel dado de lisina, atribuyéndolo a una mayor producción de calor por la necesaria degradación de los aminoácidos en exceso, pero éste puede no ser el caso cuando el sistema de alimentación, la dieta misma o el medio limitan el consumo de energía, o bien cuando los cerdos son más jóvenes y la demanda de calor es mayor (19,28,29,30).

De los resultados de este trabajo, destaca la

ausencia de una interacción entre el nivel y la fuente de lisina en el consumo voluntario de alimento. Entonces, el efecto de Lisina, como primer aminoácido limitante debe distinguirse de aquél de la proteína *per se*, ya que el exceso de ésta se conducirá a la degradación desaminativa, con la consecuente reducción de la eficiencia energética (19,20,26,31). Esto lleva a la conclusión de que puede haber efectos benéficos, cuando se mejore el balance de los aminoácidos, usando a los limitantes en su forma cristalina, con la concomitante reducción del exceso de proteína (20).

Sin embargo, en las condiciones de este trabajo, es aparente que el consumo de alimento no es tan sensible al aporte de los aminoácidos (en deficiencia o exceso), como lo son otros criterios de respuesta.

La ganancia de peso, mejoró en proporción al incremento en la concentración de lisina en la dieta, pero la magnitud de la mejora fue mayor cuando se usó L-Lisina.HCl, presumiblemente, por la menor disponibilidad del aminoácido en CARNE. La respuesta con la prueba de relación de pendientes (Gráfica 1.), arrojó una disponibilidad de Lisina en CARNE del 75% de aquélla en LYS.

Las estimaciones de lisina disponible en CARNE por otros autores, (24,28,32,33) arrojan coeficientes de digestibilidad o de disponibilidad de lisina con rangos del 50 al 85% (para una media del 70%). La estimación de la disponibilidad cae dentro de los rangos antes mencionados, pudiendo calificar en calidad a esta muestra de harina de carne y hueso, por la aparente disponibilidad del primer aminoácido limitante, como de mediana a buena.

La relativa pobre disponibilidad de lisina en los subproductos de origen animal, notablemente las harinas de la sangre y de carne, es una consecuencia del proceso (o de las fallas en éste) al que se someten (32, 34).

En lo general, presumimos que la inducción

de un exceso de otros aminoácidos por CARNE, para cubrir la demanda de lisina, no tuvo consecuencias negativas en su utilización, lo que resultaría en la subestimación de la disponibilidad del aminoácido. Sin embargo, es de notarse (Cuadro 4.) que, por la mejora en la ganancia diaria de peso, la eficiencia alimenticia aumentó con cada incremento de CARNE o LYS en las dietas.

Congruentemente la grasa dorsal y, presumiblemente, lo que pudiera calcularse como el rendimiento magro, respondieron a la adición de Lisina, mejorando hasta en un 25% la respuesta. Puede inferirse entonces, que la menor grasa dorsal fue el resultado de un mayor uso de energía para la síntesis de proteína (para el crecimiento muscular), consecuencia del aporte del aminoácido limitante, reduciéndose por esto la energía destinada a la deposición de grasa (19,26,29). La ganancia de peso obedeció entonces a la mayor síntesis de proteína y deposición de agua molecular asociada a ésta, conduciendo a la mayor eficiencia (alimenticia, energética y proteica) medida indirectamente por la ganancia de peso y el consumo observado.

Al calcular los puntos de inflexión de las curvas de respuesta a CARNE, en la eficiencia energética y proteica, se estimó (7,8,9) el nivel máximo permisible de este ingrediente: cuando más del 14.5% de la dieta (e.g., la adición de aproximadamente un 0.10% de lisina) por la duración de la engorda, lo que subraya la importancia del uso de una fuente de lisina cristalina con este tipo de ingredientes, condiciones de formulación de raciones y presiones ambientales para los cerdos, ya que el exceso de aminoácidos y el nivel de consumo alterarán directa y proporcionalmente la producción de calor (21,22,23,31), modificando el consumo voluntario y reduciendo la eficiencia de uso de la energía y, por ende de la proteína (19,26,27,29).

El perfil de aminoácidos de la proteína puede

ejercer efectos negativos tanto en el crecimiento, como en el uso del aminoácido que se este probando, lo que coincide con las observaciones de Sato *et al.* (35) en un experimento similar, pero debe aceptarse además la posibilidad de otros efectos en cuanto a la utilización de lisina se refiere, como (de relevancia en CARNE) el aporte de energía y de la materia mineral (24,28). Ya que se obtuvo una clara respuesta en crecimiento a la adición de Lisina, se podría presumir factible el cálculo del requerimiento de este aminoácido para cerdos criados en las condiciones de este experimento, pero una inferencia así sería errónea, ya que, dado el diseño, no se puede estimar el crecimiento óptimo alcanzable: la máxima respuesta observada (con el nivel más alto de LYS) está probablemente aún dentro de la porción lineal de la curva y, al no contar con un punto de inflexión, el cálculo del requerimiento resultaría erróneo, ya que ambas, la porción lineal y del *plateau* de la curva de respuesta, deben ser cubiertas por los niveles del aminoácido en los ensayos del comportamiento productivo (8).

La utilidad de este trabajo radica en la aplicación de la metodología para la solución de un problema instrumental y analítico en el campo. Si se cuenta con una estimación del perfil de aminoácidos de un ingrediente (lo que puede obtenerse de la literatura), es factible calcular entonces la disponibilidad aparente en función de la respuesta productiva, al comparar con el efecto obtenido de una serie de dietas formuladas desde la deficiencia, hasta el requerimiento, usando niveles crecientes de una fuente cuya disponibilidad sea conocida.

## SUMMARY

Using 196 growing-finishing swine, the response to the addition of Lysine to cassava root meal-rice polishings based diets was measured. Two sources of Lysine were used: a locally available meat and Bone Meal (MET) and L-Lysine. HCL (LYS). Two Basal, both Lysine deficient, diets were formulated, one for growing (25 to 50 Kg), the other for finishing pigs (50 to 92 Kg). Lysine was added at 0.05, 0.10 and 0.15% of the diet, resulting in 7 diets: Basal and six diets from the 3 Lysine levels from either LYS or MEAT. A Completely Randomized Block Design was used; treatments were replicated by 4 pens of seven pigs each. Daily feed intake was measured after *ad libitum* feeding, average daily gain and feed efficiency were calculated from the final weights. Ending point of the experiment was a pen average of 92 kg. or more, body weight. Average of daily gain, feed efficiency and backfat were linearly improved ( $P < 0.02$ ) by the addition of Lysine; magnitude of response was greater ( $P < 0.05$ ) by LYS addition: for average of daily weight gain, response to LYS was:  $Y = 0.44 + 1.84(X)$ ,  $r^2 = 0.96$ , while to MEAT was:  $Y = 0.45 + 1.38(X)$ ,  $r^2 = 0.92$ . Upon a slope ratio. Lysine availability in MEAT was calculated as 75% of that in LYS.

**KEY WORDS.** Lysine, Amino acids, Meat and bone meal, Growing pigs, Nutrition.

## REFERENCIAS

1. Cuarón I J A. Alimentación de cerdos en México usando ingredientes no convencionales. Memoria del taller regional sobre la utilización de recursos alimenticios en la producción porcina en la América Latina y el Caribe. FAO-IIP. La Habana, Cuba. 1990.
2. Shimada M A S. Utilización de la yuca en la alimentación animal. *Téc. Pecu. Méx.* 1973; 12(25): 50.
3. Angeles M A A, Loeza L R. Uso de la harina de yuca en la formulación de raciones completas (Resumen). En: Memoria del Congreso Nacional AMVEC., Asoc. Mex. de Veterinarios Especialistas en Cerdos. Mazatlán, Sjn. 1984:144.
4. López J. Loeza L R, Cuarón I J A. Utilización de la planta de yuca (*Manihot esculenta* C.) en dietas para marranas. *Téc. Pecu. Méx.* 1986; 24(52):20.
5. Manjarrez B. Arteaga C, Robles CA, Avila GE, Shimada M A. Valor Nutritivo de una combinación de harina de yuca (*Manihot esculenta*) con puliduras de arroz, como sustituto de maíz en la alimentación de pollos y cerdos. *Téc. Pecu. Méx.* 1973; 12 (25):58.
6. Cervantes L J, Castellanos RA, Cuarón I J A. Puliduras de arroz y reducción de la proteína y la lisina en la engorda de cerdos en el trópico (Resumen). Memoria de la Reunión de Investigación Pecuaria en México, México, D.F. 1978; 329.
7. Anderson R L, Nelson L A. A family of models involving intersecting straight lines and concomitant experimental designs useful in evaluating response to fertilizer nutrients. *Biometrics.* 1975; 31:303.
8. Baker D H. Problems and Pitfalls in animal experiments designed to establish dietary requirements of essential nutrients. *J. Nutr.* 1986; 116:2339.
9. Robbins K R, Norton H W, Baker D H. Estimation of nutrient requirements from growth data. *J. Nutr.* 1979; 109:1710.
10. Izquierdo O A, Parsons C M, Baker D H. Bioavailability of lysine in L-Lysine HCl. *J. Anim. Sci.* 1988; 66:2590.
11. García E. Modificación del sistema de clasificación climática de Koppen. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 1964.
12. Tejada de Hernández I. Manual de laboratorio para análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal, 1o. Ed., Patronato de Apoyo a la Investigación y Experimentación Pecuaria en México, A.C. México, D.F. 1985.
13. Jones A D C, Hitchcock H S, Jones G H. Determination of Tryptophan in feeds and feed ingredients by high-performance liquid chromatography. *Analyst.* 1981; 106:968.
14. Mason V C, Bech-Anderso S, Rudemo M. Hydrolysate preparation for amino acid determinations in feed constituents. 8. Studies of Oxidation conditions for stream lined procedures. *Z. Tierphysiol. Tierernaehr. Futtermittelkd.* 1980; 43:146.
15. NRC. Nutrient Requirements of Swine (9th Ed.). En: National Research Council. National Academy Press. Washington, D.C. 1988.
16. Shimada M A S. Fundamentos de Nutrición Animal Comparativa. Sistema de Educación Continua en Producción Animal, A.C. México, D.F. 1985.
17. Steel R G D, Torrie J H. Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach (2nd Ed.). McGraw-Hill Book Co. New York. 1980.
18. SAS Users Guide: Statistics. SAS Inst., Cary, NC. 1985.
19. Cuarón I J A. El cerdo y su ambiente: intercambio energético con el medio y la producción de alimentos. *Porcira.* 1992; 24(189):6.
20. Baker D H, Katz R S, Easter R A. Lysine requirement of growing pigs at two levels of dietary protein. *J. Anim. Sci.* 1975; 40:851.
21. Mariscal L G, Cuarón I J A. Dietas bajas en proteína para cerdos en finalización. Efecto de alimentación restringida y de la solubilidad de la proteína. *Téc. Pecu. Méx.* 1988; 26:162.
22. NRC. Predicting Feed Intake of Food-Producing Animals. En: National Research Council. National Academy Press. Washington, D.C. 1987.
23. Alvarez M L, Loeza L R, Cuarón I J A. Niveles de energía y proteína en raciones para cerdos en desarrollo. I. Influencia del medio ambiente y valor de incremento calórico. *Téc. Pecu. Méx.* 1985; 23 (49):29.
24. Cromwell G L, Stahly T S, Monogue H J. Aminoácido supplementation of meat meal in lysine-fortified, corn-based diets for growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 1991; 69:4898.
25. Henry Y. Dietary factors involved in feed intake regulation in growing pigs: A review. *Livestock Prod. Sci.* 1985; 12:339.
26. Noblet J, Henry Y, Dubois S. Effect of protein and lysine levels in the diet on body gain composition and energy utilization in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 1987; 65:717.

27. Henry Y, Colléaux Y, Sévé B. Effects of dietary level of lysine and of level and source of protein on feed intake, growth performance, and plasma amino acid pattern in the finishing pig. *J. Anim. Sci.* 1992; 70:188.
28. Evans D F, Liebholz J. Meat meal in the diet of early weaned pigs. II. Amino acid supplementation. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 1979; 4:43.
29. Fuller M F, Cadenhead A, Mollison A, Sévé B. Effects of the amount and quality of dietary protein on nitrogen metabolism and heat production in growing pigs. *Br. J. Nutr.* 1987; 58:277.
30. Fuller M F, Wood J, Brewer A C, Pennie K, MacWilliam R. The response of growing pigs to dietary lysine, as free lysine hydrochloride or in soya-bean meal, and the influence of food intake. *Anim. Prod.* 1986; 43:437.
31. Stalhy T S, Cromwell G L, Aviotti M P. The effect of environmental temperature and dietary lysine source and level on the performance and carcass characteristics of growing swine. *J. Anim. Sci.* 1979; 49:1242.
32. Batterham E S, Lowe R R, Darnell R E, Major E J. Availability of lysine in meat meal, meat and bone meal and blood meal as determined by the slope-ratio assay with growing pigs, rats and chicks and by chemical techniques. *Br. J. Nutr.* 1986; 55:427.
33. Southern L L. Digestible amino acid requirements for swine. *Revisión Técnica Femex No. 2. Nutri-Quest Inc.* (91, 10, NQTR-2), Chesterfield, Mo, USA. 1991.
34. Batterham E S, Darnell R E, Herbert L S, Major E J. Effect meat and bone meal as determined by slope-ratio assays with growing pigs, rats and chicks and by chemical techniques. *Br. J. Nutr.* 1986; 55:441.
35. Sato H, Kobarashi T, Jones R W, Easter R A. Tryptophan availability of some feedstuffs determined by pig growth assay. *J. Anim. Sci.* 1987; 64:191.