

NIVELES DE ENERGIA Y PROTEINA EN RACIONES PARA CERDOS EN DESARROLLO. I. INFLUENCIA DEL MEDIO AMBIENTE Y VALOR DE INCREMENTO CALORICO¹

MA. DE LOURDES ALVAREZ²

RUBEN LOEZA L.³

J. A. CUARON I.⁴

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en Palo Alto, D. F. y en el Centro Experimental Pecuario "La Posta", Paso del Toro, Veracruz. El objetivo fue observar el efecto de cuatro densidades calóricas de la ración (sustituyendo progresivamente melaza de caña por aceite crudo vegetal, a razón de 3, 6 y 9%) con niveles constantes de proteína y el efecto de cinco niveles diferentes de proteína (5% inferior, NRC, 5, 10 y 15% superior a lo recomendado por los cuadros de requerimientos) en raciones isoenergéticas. Se realizaron dos pruebas de comportamiento, empleando 210 cerdos de los 35.0 a los 95.0 kg de peso.

1 Este trabajo se realizó con financiamiento parcial de la Asociación Americana de Soya-México, y el Patronato de Apoyo a la Investigación y Experimentación Pecuaria en México, A. C.

2 Trabajo presentado como parte de la tesis de licenciatura del primer autor, requisito para obtener el grado correspondiente en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México.

3 Coordinación de Nutrición Zona Golfo-INIP Apdo. Postal No. 1224, Veracruz, Ver. C. P. 91000 México.

4 Coordinación de Nutrición Zona Centro-INIP., Apdo. Postal No. 41-652, Cuajimalpa, D. F. C.P. 05110, México.

Los criterios de respuesta evaluados fueron ganancia diaria de peso, consumo diario de alimento, eficiencia alimenticia, consumo de energía, eficiencia energética, consumo de proteína, eficiencia proteica y análisis económico. Los resultados indican que la adición de 3 y 6% de aceite en las raciones para cerdos en el trópico mejora la ganancia de peso y la eficiencia alimenticia, disminuyendo los costos por kg. de peso ganado; todo al reducir el valor de incremento calórico de la ración. Como condición para observar estos efectos, se requiere de la adición de un 5% extra de proteína cruda, a lo comunmente recomendado por los cuadros de requerimientos establecidos para zonas templadas, previniendo con esto un aumento en el valor de incremento calórico de la ración debido a un exceso de proteína.

INTRODUCCION

Los animales hemeotermos son un sistema termodinámico abierto, que continuamente intercambian energía y materia con el medio ambiente, teniendo un rango de temperaturas ambientales, en las que sus funciones productivas no se ven alteradas; a

este rango lo conocemos como la zona de termoneutralidad y que, para cerdos en crecimiento (20 a 100 kg) oscila entre 17 y 22° C (Mount, 1976; 1978; Close y Mount, 1978; Curtis, 1981).

Conforme se exceden los límites de las temperaturas de la zona termoneutral, los ajustes metabólicos y fisiológicos necesarios para mantener la temperatura corporal actúan en contra de las funciones productivas del animal, ya que, entre otros, el consumo de alimento se altera a fin de mantener el balance calórico con el medio ambiente (NRC, 1981). Como se sabe, la producción de calor por el animal está determinada principalmente por dos factores: el metabolismo basal y el incremento calórico de los alimentos; éste último se define como el calor producido por el animal durante los procesos digestivos y de asimilación de los nutrimentos. Esta producción de calor depende de las especies, la ración, de los niveles de consumo de alimento y de la función productiva del animal, de aquí que en zonas donde las temperaturas rebasen la zona de termoneutralidad el valor de incremento calórico de un alimento, resulte un importante considerando.

Las raciones típicas para cerdos en los trópicos son similares (en explotaciones tecnificadas) a las empleadas en zonas templadas, en donde la energía proviene fundamentalmente de hidratos de carbono, los que producen un mayor incremento calórico (17 Kcal/100 Kcal EM) que las grasas (9 Kcal/100 Kcal EM). De aquí que para incrementar la eficiencia alimenticia en zonas con temperatura superior a la de termoneutralidad resulte evidente el uso de alimentos con un menor valor de incremento calórico (Curtis, 1981; Seerley et al., 1981).

Por esta razón, es indispensable conocer las desviaciones en el tiempo y forma de nutrimentos, que en áreas tropicales existen, con relación a los patrones establecidos en zonas templadas; subrayando con esto, la necesidad de conocer los niveles más eficientes de las relaciones proteína: energía con el objeto de optimizar la producción animal. Congruentemente, para poder evaluar el uso de ingredientes propios a los trópicos en la alimentación intensiva de cerdos, es necesario contar con un patrón de comparación, en donde los cerdos sean capaces de manifestar su máximo potencial productivo, similar al menos, al observado bajo condiciones de termoneutralidad.

La finalidad de estos trabajos fue la de obtener información acerca de los niveles y tipos de energía a emplear bajo condiciones tropicales a partir de ingredientes conocidos, estudiando el efecto e interacciones con los niveles de proteína y energía (y valores de incremento calórico) en las raciones para cerdos en crecimiento localizados en diferentes zonas geográficas y bajo diferentes condiciones ambientales.

MATERIAL Y METODOS

Se utilizaron 210 cerdos, con un peso inicial promedio de 35 ± 2 kg en dos experimentos durante el período comprendido entre el mes de Agosto de 1983 y el mes de Abril de 1984.

Los animales empleados en ambos experimentos se obtuvieron de una misma fuente, siendo el producto de cruza comerciales (Yorkshire, Duroc y Hampshire), y se distribuyeron a cuatro o cinco tratamientos (raciones experimentales) y dos localidades (La Posta, Paso del Toro, Veracruz y la Unidad Central, Palo Alto, D. F.), bajo un diseño en bloques al azar, empleando como criterios de bloqueo, jerárquicamente, origen genético, pe-

so inicial y sexo. A su llegada, los cerdos fueron vacunados (contra cólera), desparasitados (con piperazina) y los machos castrados. A los cerdos se les permitió aclimatarse a su nuevo medio ambiente por 28 días antes de obtener el peso inicial, y empezar el período experimental, durante el cual se pesaron con un intervalo mínimo de siete días y máximo de catorce.

Durante el período previo al experimento y durante la fase experimental misma, los animales fueron alojados en corrales de tipo frente abierto con piso de concreto, permitiendo un mínimo de 1.5 m² de superficie por animal, dándoles libre acceso al agua y a los alimentos.

Los ingredientes empleados en la formulación de raciones fueron adquiridos de diferentes fuentes, captados en una sola localidad, de donde se muestrearon para su análisis químico proximal (Tejada, 1983), para posteriormente ser distribuidos a las dos zonas geográficas, según el proceso de azarización impuesto por el diseño experimental. En el período preliminar los animales se alimentaron con la ración basal (fase de crecimiento, experimento 1), descrita en el Cuadro 1, para posteriormente durante la fase experimental, alimentarse con las raciones asignadas por el diseño y bajo el proceso de aleatorización descrito. Durante la fase experimental el consumo de alimento se registró diariamente.

Las condiciones medio ambientales en las dos zonas se definen como sigue: "La Posta", Paso del Toro, Ver., está localizada en una zona tropical subhúmeda con clima Awo*, con una precipitación media anual de 1,200 a 1,589 mm y temperatura media de 26° C. La Unidad Central,

* Awo: clima tropical lluvioso, con lluvias en verano.

** Cw: clima templado lluvioso, con lluvias en verano.

Palo Alto, D. F., está enclavada en una zona templada lluviosa, con clima Cw**, con una precipitación y temperatura media anual de 889 mm y 16° C respectivamente (Tamayo, 1962; García 1973). Las temperaturas y humedades relativas locales fueron registradas diariamente durante el período experimental (obteniendo las máximas y mínimas, así como las medias) mediante el uso de higrotermógrafos (modelo 59H, Corporación Bendix, Baltimore, MD, USA).

Los criterios de respuesta evaluados en ambos experimentos fueron: ganancia diaria de peso, consumo de alimento, eficiencia alimenticia, consumo de energía, eficiencia energética, consumo de proteína, eficiencia protéica, costo de alimentación por día por animal, costo de alimentación por Kg de peso ganado, costo total por concepto de alimentación, todos por etapa del desarrollo y al final del experimento. Se fijó como criterio para la terminación del experimento el momento en que los cerdos alcanzaron 95 kg (como promedio de cada unidad experimental), comprendiendo dos fases, la de crecimiento (35 a 60 kg) y la de finalización (60 a 95 kg).

En cada experimento, el análisis estadístico se condujo conforme a un diseño en bloques al azar con cuatro o cinco tratamientos (según el caso), dos localidades y 3 repeticiones (Anderson y McLean, 1974; Steel y Torrie, 1980), realizándose el análisis de varianza conforme al siguiente modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + B_i + V_{(i)} + T_k + CT_{jk} + \epsilon_{ijkl}$$

en donde la respuesta (Y_{ijkl}) es igual a la suma de los efectos de:

μ = media poblacional; B_i = efecto de bloques; $V_{(i)}$ = error de restricción, introducido por la azarización de los bloques; C_j = efecto de la localidad; T_k = efecto de tratamientos; CT_{jk}

= interacción entre la localidad y los tratamientos; ϵ_{ijkl} = error experimental (residual).

Las comparaciones planeadas para el contraste de las medias de los efectos mayores o de sus interacciones fueron aquellas comunmente empleadas para el análisis, por ortogonales, de las tendencias de la curva de respuesta, dadas por la ecuación lineal (Steel y Torrie, 1980).

Experimento I:

Con un total de 120 cerdos (24 unidades experimentales compuestas de 5 cerdos, 3 hembras y 2 machos castrados) se evaluaron cuatro raciones resultantes de concentraciones equidistantes de energía y con niveles constantes de proteína, para obtener cuatro diferentes relaciones proteína: energía, durante dos etapas del desarrollo de cerdos para abasto (crecimiento y finalización, Cuadro 1). Las raciones se formularon con base en

sorgo y pasta de soya, cuya concentración permaneció constante para proporcionar raciones isoprotéicas, de tal forma que excedieran un 10% los requerimientos de proteína, vitaminas y minerales (NRC, 1979), produciendo las diferentes concentraciones calóricas al substituir progresivamente melaza de caña por aceite crudo de soya al 0, 3, 6 y 9% del total de la ración (Cuadro 2).

Experimento II:

Con base en los resultados del experimento I, empleando 90 cerdos (30 unidades experimentales compuestas de 3 cerdos, 2 hembras y un macho castrado), se determinó el nivel óptimo de proteína en la ración entre la concentración de energía que resultara en el experimento I, en la ganancia máxima de peso. Se alimentaron cinco raciones con concentraciones equidistantes de proteína, calculadas para satisfacer las recomendaciones

CUADRO I
COMPOSICION DE LAS RACIONES.

INGREDIENTE, %	Experimento I ^{a/}		Experimento II ^{b/}	
	ETAPA DE PRODUCCION c/			
	Crecimiento	Finalización	Crecimiento	Finalización
Sorgo (9) ^d	69.20	72.00	72.80	75.30
Pasta de soya (49) ^d	18.80	16.00	15.20	12.70
Aceite	-----	-----	6.00	6.00
Melaza	9.00	9.00	3.00	3.00
Ortofosfato de calcio	1.80	1.70	1.80	1.70
Vitaminas y minerales	0.50	0.50	0.50	0.50
Sal	0.30	0.30	0.30	0.30
Roca fosfórica	0.40	0.50	0.40	0.40
CuSO ₄ · 5H ₂ O	1 kg/ton	-----	1 kg/ton	-----
	ANÁLISIS		CALCULADO	
Proteína (Nx6.25).%	15.44	14.32	14.00	13.00
Lisina. %	0.72	0.64	0.62	0.54
ED (Mcal/kg)	3.05	3.05	3.39	3.38
Ca, %	0.65	0.64	0.64	0.62
P, %	0.52	0.54	0.52	0.50

a/ Se substituyó progresivamente melaza de caña por aceite crudo de soya a razón de 3,6 y 9%.

b/ Se ajustaron las concentraciones de sorgo y pasta de soya, para resultar en niveles de proteína 5% abajo y 5,10 y 15% arriba de lo calculado en las raciones basales.

c/ Crecimiento: hasta 60 kg de peso vivo; finalización: 60 kg en adelante.

d/ % de proteína cruda en el ingrediente.

CUADRO 2
RELACIONES PROTEÍNA: ENERGÍA RESULTANTES DE LA SUSTITUCIÓN PROGRESIVA DE MELAZA DE CAÑA POR ACEITE CRUDO DE SOYA (EXPERIMENTO I).

ETAPA DEL DESARROLLO ^{a/}	RELACIONES PROTEÍNA: ENERGÍA ^{b/}			
Mcal ED/kg	3.10	3.25	3.40	3.55
Crecimiento (41.5) ^{c/}	49	47	45	43
Finalización (38.5) ^{c/}	46	44	42	40

^{a/} Crecimiento: hasta 60 kg y finalización de 60 kg en adelante.

^{b/} g de proteína/Mcal ED.

^{c/} Relación proteína: energía recomendada por el NRC (1979).

del NRC, 1979, o bien para ser un 5% inferior o en un 5, 10 y 15% superiores a lo recomendado por la misma fuente; ajustando las concentraciones de sorgo y pasta de soya (Cuadro 2) para resultar en las diferentes concentraciones de proteína (Cuadro 3) empleadas durante las fases de crecimiento y finalización.

RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis de las temperaturas y humedades relativas durante el curso de ambos experimentos obedeció a dos razones fundamentales: en la primera como una demanda metodológica que nos permitiera afirmar la diferencia para dichas variables en ambas localidades durante el curso de los experimentos, ya que aunque las

dos zonas climáticas se aceptan como diferentes, era factible que en algún período de las temperaturas y/o humedades relativas fuesen similares en las dos localidades. La segunda razón conviene a los usos prácticos de la información generada, ya que con estos datos mínimos de la climatología, las inferencias respecto a los efectos del medio ambiente, podrían extenderse a zonas o tiempo en donde los rangos de temperaturas y humedades fuesen similares a los observados; todo esto aceptando que bajo superficies techadas estas dos variables climáticas son las que más alteran la fisiología y comportamiento animal (Curtis, 1981).

El Cuadro 4 resume los resultados de algunos criterios de estadística

CUADRO 3

RELACIONES PROTEÍNA: ENERGÍA RESULTANTE DE LOS AJUSTES DE LAS CONCENTRACIONES DE SORGO Y PASTA DE SOYA (EXPERIMENTO II).

ETAPA DE DESARROLLO ^{a/}	RELACIONES PROTEÍNA: ENERGÍA ^{b/}				
Nivel de Proteína (% en relación al NRC).	-5	NRC	+5	+10	+15
Crecimiento (41.5) ^{c/}	39	41	43	45	47
Finalización (38.5) ^{c/}	36	38	40	42	44

^{a/} Crecimiento: hasta 60 kg y finalización de 60 kg en adelante.

^{b/} g de proteína/Mcal ED.

^{c/} Relación proteína: energía recomendada por el NRC (1979).

descriptiva para la temperatura y humedad relativa observadas durante ambos experimentos. Dentro de cada época, las temperaturas y humedades relativas fueron diferentes ($P < 0.005$) ambas localidades, siendo notable que el límite máximo, dentro del rango de temperaturas del D.F. (Zona templada) apenas sobrepasó el límite mínimo del rango de temperaturas observadas en Veracruz (Zona tropical subhúmeda). Las humedades relativas, como se esperaba, fueron mucho más variables, pero el mismo patrón observado en función de las temperaturas se repitió, i.e., la humedad relativa fue más alta en Veracruz, siendo el rango menor en esta localidad que en el D. F. Teniendo en mente el concepto de temperatura ambiente efectiva, la humedad relativa entre otros, modifica la sensibilidad del animal a la temperatura, actuando en contra del animal al rebasar los límites de la zona de termoneutralidad, habiéndose estimado que por cada 10 unidades porcentuales en que se aumente la humedad relativa, por encima de la zona de termoneutralidad, equivale a aumentar en 1.25° C (para los fines de temperatura ambiente efectiva) la temperatura

leída en el termómetro (Mount, 1978; Fowler, Haresign y Lewis, 1978; NRC, 1981). Lo anterior confirmó a Veracruz como una zona más cálida que el D. F., con un diferencial de aproximadamente 10° C para las medias de temperatura ambiente efectiva, provocando que los cerdos localizados en Veracruz estuviesen con mayor frecuencia bajo un estrés térmico, al verse superados los límites de su zona de termoneutralidad.

Al rebasar la temperatura ambiental la zona de termoneutralidad se ha observado (Heitman, Kelly Bond, 1958; Morrison y Mount, 1971; Coffey, et al., 1982) una disminución en la capacidad de ganancia de peso de los cerdos, obedeciendo esta respuesta a un progresivo menor consumo de alimento. En nuestro caso, en el experimento I (Cuadro 5) la ganancia de peso fue superior para los cerdos localizados en Veracruz (efecto de localidad, $P < 0.005$), hecho que estuvo ligado a un también mayor consumo de alimento ($P < 0.005$) y sin que exista una explicación clara del por qué, ya que dado el intercambio calórico entre el animal y el medio ambiente, era de esperarse un menor consumo de alimento por aquellos cerdos localizados en Veracruz. Ahora bien, al aumentar la densidad energética en la ración, se detectó una progresiva depresión en el consumo de alimento (efecto lineal de tratamientos, $P < 0.005$), que si bien fue numéricamente evidente en Veracruz no fue diferente de la respuesta obtenida en el D.F. Sin embargo, al revisar la eficiencia alimenticia, si se detectó una interacción entre la localidad y los tratamientos ($P < 0.005$), al encontrar las mejores eficiencias alimenticias en la zona con mayor temperatura y al emplear los niveles más altos de aceite en la ración (6 y 9%); mientras que en aquella zona en donde la temperatura no rebasó, en

CUADRO 4 .

RESULTADOS DE LAS MEDICIONES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA HECHAS DURANTE EL DESARROLLO DE LOS EXPERIMENTOS I y II.^{a/}

	----- Descriptor -----		
	Medio ^{b/}	Desviación Estandar.	Rango
EXPERIMENTO I			
Temperatura (c): D.F.	16.1	0.63	15.7 - 20.8
VER.	26.9	1.50	22.5 - 27.1
Humedad relativa (%): D.F.	67.2	5.02	46.0 - 96.0
VER.	78.3	3.06	58.4 - 91.7
EXPERIMENTO II			
Temperatura (c): D.F.	16.4	2.76	7.8 - 23.1
VER.	22.3	2.72	14.2 - 29.0
Humedad relativa (%): D.F.	44.9	12.93	19.1 - 34.0
VER.	72.3	0.47	54.0 - 84.5

a/ Experimento I: Agosto a noviembre de 1983 y Experimento II: Enero a abril de 1984.

b/ Dentro de cada experimento y criterio de respuesta, las medias fueron diferentes ($P < 0.005$).

CUADRO 5
EFECTO DEL INCREMENTO EN LA DENSIDAD CALORICA DE LA RACION SOBRE LA RESPUESTA PRODUCTIVA DE CERDOS ALIMENTADOS CON RACIONES ISOPROTEICAS Y BAJO DOS MEDIOS AMBIENTES (Experimento I).

Criterio de respuesta	Densidad energética (Mcal ED/kg) ^a de la ración/localidad ^b								LEEM
	31.0		3.25		3.40		3.55		
	D.F.	VER.	D.F.	VER.	D.F.	VER.	D.F.	VER.	
Ganancia de peso (kg) ^c	0.71	0.83	0.76	0.83	0.66	0.88	0.71	0.88	0.002
Consumo de alimento (kg) ^d	2.76	3.30	2.83	3.10	2.47	2.90	2.58	2.57	0.082
Eficiencia alimenticia (ganancia/consumo) ^e	0.26	0.25	0.27	0.27	0.27	0.30	0.28	0.34	0.010
Consumo de energía (Mcal/ED) ^f	8.41	10.07	9.03	9.98	8.34	9.82	9.03	9.12	0.279
Eficiencia energética (ganancia, kg/consumo energético, Mcal/ED)	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.10	0.083
Consumo de proteína (kg) ^g	0.40	0.50	0.41	0.47	0.36	0.44	0.37	0.39	0.012
Eficiencia proteica (ganancia, kg/consumo proteico, kg) ^h	1.76	1.67	1.86	1.78	1.83	2.03	2.06	2.28	0.072

a) Los diferentes niveles de energía se alcanzaron substituyendo melaza de caña por aceite crudo de soya (0, 3, 6 y 9% respectivamente).
b) Temperatura ambiental promedio: D.F., 16.1°C y VER., 26.8°C.
c) Efecto de localidad ($P < 0.005$).
d) Efecto de localidad y línea de tratamientos ($P < 0.005$).
e) Interacción entre localidad y tratamientos ($P < 0.005$).
f) Efecto de localidad ($P < 0.005$).
g) Efecto de localidad y línea de tratamientos ($P < 0.005$ y $P < 0.05$ respectivamente).
h) Efecto línea de tratamientos ($P < 0.005$).

promedio la zona de termonutralidad (D.F.), la eficiencia alimenticia se mantuvo virtualmente inalterada. Lo anterior nos sugiere que la disminución del valor de incremento calórico del alimento (ante la adición de aceite) pudo haber promovido una mejor utilización de la energía de la ración, al reducir la cantidad de calor producido y que el animal haya tenido que disipar.

El consumo de energía fue similar entre tratamientos ($P > 0.05$) y sólo diferente ($P < 0.005$) entre localidades, confundidas estas con zonas térmicas, lo que coincide con experiencias previas (Danies y Lucas, 1972; Cuarón

et al., 1981) y que se explica por el hecho de que los cerdos consumen alimento para satisfacer primariamente sus necesidades de energía (NRC, 1981). Ahora bien, el uso de grasas bajo temperaturas elevadas, tiende a generar una mejor utilización de la energía consumida (Close, Mount y Start, 1971; Coffey et al., 1982) lo que pudo haberse detectado por la eficiencia energética, expresada aquí como la ganancia de peso en función del consumo de energía (Cuadro 5), pero este criterio demostró no ser suficientemente sensible, o bien pudo estar alterado por el cambiante consumo de proteína al aumentar la densidad energética del alimento.

CUADRO 6
EFECTO DEL INCREMENTO DE LA DENSIDAD CALORICA DE LA RACION SOBRE LOS COSTOS POR CONCEPTO DE ALIMENTACION DE CERDOS ALIMENTADOS CON RACIONES ISOPROTEICAS Y BAJO DOS MEDIOS AMBIENTES (Experimento I)^a

Promedio/animal/día	Densidad energética (Mcal ED/kg) ^b de la ración/localidad ^c								LEEM
	31.0		3.25		3.40		3.55		
	D.F.	VER.	D.F.	VER.	D.F.	VER.	D.F.	VER.	
Costo diario/alimento/animal (\$) ^d	60.27	74.50	67.37	74.87	68.38	75.80	72.28	75.12	2.539
Costo/kg ganado (\$) ^e	87.48	78.99	89.26	74.85	90.15	77.92	107.30	78.01	1.409
Costo total (\$) ^f	3614.64	4221.04	3960.57	4015.27	4445.20	4159.40	4640.50	4075.90	140.370

a) Precio de los ingredientes por kg marzo de 1984: Sorgo \$19.00; Pasta de soya, \$38.00; Melaza \$5.40; Aceite \$70.00; Ortosofato de calcio \$44.50; Sal \$12.00; Roca fosfórica \$14.00; Vitaminas y minerales \$84.20; $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ \$154.00.
b) Los diferentes niveles de energía se alcanzaron substituyendo melaza de caña por aceite crudo de soya (0, 3, 6 y 9% respectivamente).
c) Temperatura ambiental promedio: D.F. 16.1°C y VER. 26.8°C.
d) Interacción entre localidad y tratamientos ($P < 0.01$).
e) Interacción entre localidad y tratamientos ($P < 0.005$).
f) Interacción entre localidad y tratamientos ($P < 0.05$).

CUADRO 7

EFFECTO DEL INCREMENTO DE LOS NIVELES DE PROTEINA SOBRE LA RESPUESTA PRODUCTIVA DE CERDOS ALIMENTADOS CON RACIONES ISOENERGETICAS Y BAJO DOS MEDIOS AMBIENTES (Experimento II).

Criterios de respuesta	Niveles de proteína (Z) ^a de la ración/localidad ^b										EFM
	-5%		NCR		+5%		+10%		+15%		
Promedio/animal/día	D.F.	VER.	D.F.	VER.	D.F.	VER.	D.F.	VER.	D.F.	VER.	
Ganancia de peso (kg) ^c	0.63	0.66	0.69	0.70	0.73	0.80	0.71	0.81	0.74	0.83	0.032
Consumo de alimento (kg)	2.58	2.57	2.58	2.54	2.78	2.76	2.58	2.75	2.62	2.85	0.104
Eficiencia alimenticia (ganancia/consumo) ^d	0.25	0.26	0.27	0.27	0.26	0.29	0.29	0.29	0.28	0.29	0.006
Consumo de energía (Mcal ED)	8.74	8.91	8.65	9.23	9.33	9.19	8.62	9.52	8.69	9.74	0.357
Eficiencia energética (ganancia kg/consumo energético, Mcal ED) ^e	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.007
Consumo de proteína (kg) ^f	0.33	0.33	0.34	0.34	0.39	0.38	0.38	0.42	0.40	0.44	0.068
Eficiencia protéica (ganancia, kg/consumo protéico, kg)	1.92	2.00	2.00	2.03	1.89	2.10	1.97	1.95	1.87	1.93	0.052

a) Los diferentes niveles de proteína se alcanzaron ajustando las concentraciones de sorgo y pasta de soya.

b) Temperatura promedio: D.F., 16.4°C y VER., 22.4°C.

c) Efecto lineal de tratamientos ($P < 0.01$).

d) Efecto lineal de tratamientos ($P < 0.05$).

e) Efecto lineal de tratamientos ($P < 0.01$).

f) Efecto lineal de tratamientos ($P < 0.01$).

La utilización de los aminoácidos en la dieta se incrementa al aumentar la densidad energética de la ración, sucediendo esto a consecuencia de que, ante deficiencia energética, el aumento de energía en la ración previene la deaminación de los aminoácidos para ser empleados estos como energía o bien que ante niveles super adecuados de energía el consumo de proteína se deprime, viéndose aumentada la utilización de los aminoácidos consumidos para los fines de síntesis protéica (Mitchell et al., 1965; Just, 1977; Seerley et al., 1981). En nuestro caso (Cuadro 5) la adición de grasa provocó una progresiva disminución en el consumo de proteína ($P < 0.005$, para el efecto lineal de tratamientos) que tuvo la misma tendencia en las dos localidades, aún cuando los cerdos en el D. F. consumieron una menor ($P < 0.05$) cantidad de proteína; a pesar de esto, en todos los casos, los cerdos consumieron proteína en cantidades iguales o superiores a las recomendadas por el NRC (1979). Como consecuencia de lo anterior, mientras mayor fue la densidad energética, mayor fue la eficiencia de uso de proteína, siguien-

do la respuesta a los tratamientos una tendencia lineal ($P < 0.005$), esto es, el aumento en la densidad energética resultó en un menor consumo de proteína, por lo que la ganancia de peso en función del consumo protéico fue mayor en los tratamientos con mayor contenido de grasa, sin que pudiera observarse ningún efecto de la localidad. Por lo tanto, al concluir que el uso de aceite resultó beneficioso en cuanto a la ganancia de peso y conversión alimenticia sólo en la zona más cálida (i.e., cuando se rebasa la zona de termoneutralidad de los cerdos), puede concluirse también que esto se debió a la reducción en el valor de incremento calórico de los alimentos, inducida por la inclusión de aceite. Sin embargo, el uso de aceite implica la formulación de raciones más caras que pueden incrementar el costo de producción.

Como se resumen en el Cuadro 6, el costo diario por concepto de alimentación (que resulta de multiplicar el costo del alimento por kg por los kg de alimento consumidos), resultó en una interacción ($P < 0.01$) entre localidad y tratamientos; así el uso de raciones más caras (por la

inclusión de aceite) provocó en el D. F., en donde el consumo de alimento no se vio mayormente alterado, un encarecimiento progresivo en el costo diario por concepto de alimentación, mientras que en Veracruz, aún cuando el costo de la ración se vio aumentado, la depresión en el consumo hizo que no se observara un aumento notable en los costos diarios por concepto de alimentación. Lo anterior se reflejó en que los costos por kg de peso ganado y los costos totales por concepto de alimentación resultaran en una interacción entre localidad y tratamientos ($P < 0.005$ y $P < 0.05$, respectivamente). Si bien es cierto que el uso de aceite encareció las raciones, también es cierto que en zonas cálidas (i.e., Veracruz) el 3 o 6% de aceite generaron los mejores costos por concepto de alimentación, mientras que en la zona templada (México, D. F.) encareció progresivamente el costo/kg de peso ganado y por ende, el costo total por concepto de alimentación; esto nos permite afirmar que para zonas tropicales y bajo producción intensiva el uso de aceite o grasas en general puede redituarse en ganancias considerables, aunque para una mejor redituabilidad conviene definir las concentraciones exactas de otros nutrimentos ante el uso de niveles superadecuados de energía por kg de ración.

En el experimento II, el propósito fue revisar, ante un nivel dado de energía y grasa en la ración, el efecto de cinco concentraciones de proteína. En vista de que, en el experimento I, no se encontró una ganancia de peso superior al usar más del 6% de aceite adicional en la ración, decidimos emplear ese nivel de aceite para probar las diferentes concentraciones de proteína, pudiendo además revisar las relaciones proteína:energía ante un nivel más alto de esta última; i.e., 3.40 Mcal ED/kg. Este nivel de ener-

gía es 6% superior a lo recomendado por el NRC (1979), mientras que los niveles de proteína fueron 5% inferiores y superiores hasta en un 15%. resultados (Cuadro 7) no mostraron diferencias ($P > 0.05$) entre localidades para la ganancia diaria, de peso por animal (0.71 vs 0.76 kg para el D. F. y Veracruz respectivamente), pero las tendencias de la línea para los efectos sumados sobre localidades, mostraron una respuesta lineal ($P < 0.01$) positiva a la adición de proteína. Como era de esperarse, dado el carácter isoenergético de las raciones, el consumo de alimento y energía fueron similares ($P > 0.05$) entre tratamientos y localidades, por lo que la eficiencia alimenticia emuló la respuesta obtenida para la ganancia diaria de peso; efecto lineal ($P < 0.05$) ante los incrementos de proteína en la ración.

La respuesta al creciente nivel de proteína se debió fundamentalmente a que hasta el nivel excedente en proteína en un 5%, los animales no llenaron sus requerimientos (NRC, 1979). Estos resultados y los del experimento I nos permiten afirmar que bajo nuestras condiciones experimentales y para cerdos bajo condiciones tropicales, las relaciones óptimas de proteína:energía (g/Mcal ED) son superiores a lo recomendado por el NRC (1979) i.e., 43 a 45 de los 35 a 60 kg de peso y 40 a 43 de los 60 a 95 kg de peso corporal. Si bien en la localidad templada (D.F.) se observó respuesta al nivel creciente de proteína, esta fue de mayor magnitud bajo condiciones tropicales (Veracruz) presumiblemente a causa del efecto benéfico observado previamente (experimento I) por la adición de grasa, que repercutió en un menor valor de incremento calórico de la ración y por ende en una mejor utilización de la proteína consumida. Eggum (1973) y Just (1977) afirman que un nivel

adecuado o alto de energía con un aporte adecuado o alto de aminoácidos resulta en la optimización en el uso de la primera. En el experimento I, aún cuando esperábamos un aumento en la eficiencia de utilización de energía ante la inclusión de aceite, la mayor eficiencia se detectó en la utilización de proteína en el experimento II, los resultados para la eficiencia energética (efecto lineal de tratamientos, $P < 0.01$), confirman la interdependencia entre proteína y energía para su mejor utilización, la eficiencia energética aumentó progresivamente hasta alcanzar la mejor relación, en cuanto el consumo de proteína satisfizo los requerimientos, mientras que la eficiencia protéica se mantuvo inalterada; por lo tanto, los resultados de los experimentos I y II se complementan, confirmando las observaciones de Eggum (1973) y Just (1977) en cuanto a la utilización metabólica de los nutrimentos y de Verstegen *et al.* (1973) y Seerley *et al.* (1978) respecto a las interacciones nutrición por medio ambiente, subrayando la bondad del uso de grasas bajo condiciones tropicales y la dependencia, para la mejor utilización de la ración, del exacto nivel de proteína.

El análisis de los costos, como se puede observar en el Cuadro 8, reflejó primero el hecho de que al aumentar

la concentración del suplemento protéico (que siendo más caro) el costo diario por concepto de alimentación se haya aumentado (efecto lineal, $P < 0.05$) independientemente de zonas. Sin embargo, el costo por kg de peso ganado y el costo total por concepto de alimentación se comportaron de manera inversamente proporcional (efectos lineales de tratamientos, $P < 0.01$) al incremento en la cantidad del concentrado protéico en la ración, lo que enfatiza la necesidad de un aporte balanceado de los diferentes grupos de nutrimentos; aunque debe hacerse notar que, aún numéricamente, la mejor recuperación económica puede esperarse en zonas templadas, al llenar las recomendaciones del NRC (1979) para la proporción proteína:energía, mientras que, para zonas tropicales, el exceder la proteína en un 5% (relación proteína:energía en un 4 a 8%) parece ser lo más recomendable, alcanzando la mayor eficiencia económica. Obviamente estas recomendaciones están en función del precio de los ingredientes y de sus relaciones para llenar las demandas nutricionales, con un económicamente razonable uso de ingredientes de bajo valor de incremento calórico.

Los resultados aquí presentados confirman los obtenidos por otros grupos de investigadores (Verstegen

CUADRO 8
EFECTO DEL INCREMENTO DE LOS NIVELES DE PROTEÍNA SOBRE LOS COSTOS POR CONCEPTO DE ALIMENTACIÓN DE CERDOS ALIMENTADOS CON RACIONES ISOENERGÉTICAS Y BAJO DOS MEDIOS AMBIENTES (Experimento II).^a

Promedio/animal/día.	Niveles de proteína (%) ^b de la ración/localidad ^c										EEM
	-5%		N.C.		+5%		+10%		+15%		
	D.F.	VER.	D.F.	VER.	D.F.	VER.	D.F.	VER.	D.F.	VER.	
Costo diario/alimento/animal (\$) ^d	63.61	64.67	63.98	63.68	70.20	68.31	66.10	71.09	67.31	74.36	2.715
Costo/kg ganado (\$) ^e	100.35	97.83	93.19	88.93	96.74	85.08	89.24	88.05	91.20	88.65	2.307
Costo total ^e	5954.08	6126.01	5363.98	5788.72	5489.03	5290.01	5111.94	5648.18	5290.64	5531.20	237.330

a) Precio de los ingredientes por kg marzo de 1984: Sorgo \$19.00; pasta de soya \$38.00; Melaza \$5.40; aceite \$70.00; Ortofosfato de calcio \$44.50; Sal \$12.00; Roca fosfórica \$14.00; Vitaminas y minerales \$84.20, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ \$164.00.

b) Los diferentes niveles de proteína se alcanzaron ajustando las concentraciones de sorgo y pasta de soya.

c) Temperatura ambiental promedio: D.F., 16.4°C y VER., 22.4°C.

d) Efecto lineal de tratamientos ($P < 0.05$)

e) Efecto lineal de tratamientos ($P < 0.01$).

et al., 1973 y Coffey et al., 1982) aún cuando el caso de experiencias previas, estas se realizaron bajo temperaturas artificialmente controladas, o bien comparando el comportamiento animal de poblaciones diferentes en invierno o en verano. En este trabajo los animales se sujetaron a condiciones naturales con el obvio comportamiento circadiano de las temperaturas y humedades y con poblaciones similares evaluadas simultáneamente en ambas localidades y zonas climáticas. De aquí que a raíz de este trabajo, podamos con validez, extrapolar algunas de las experiencias existentes en la literatura internacional a las condiciones de nuestros trópicos.

Debemos aceptar que podrían esperarse diferencias por el hecho de que los cerdos en nuestros experimentos debieron aclimatarse a las 2 zonas climáticas en cuestión. Sin embargo, las buenas ganancias de peso observadas, más las conclusiones de Morrison y Mount (1971); Mount (1976); Seerley et al., (1978) y Curtis (1981), nos dejan concluir que los 14 días previos al experimento, permitidos a los animales como de aclimatación, fueron suficientes, ya que los rangos de temperaturas observadas no excedieron los límites de termoneutralidad en forma tal, que el animal no pudiese compensar etológica o metabólicamente el "estado de tensión" sufrido.

Como observamos, la producción intensiva de cerdos en los trópicos es factible, siendo tan o más eficiente que en zonas templadas, quedando como condición el uso de esquemas tecnológicos adecuados, dentro de los cuales la nutrición juega un papel determinante, pidiendo prevenir el uso de implementos que modifiquen el medio ambiente ante el simple hecho de proporcionar raciones debidamente balanceadas y de bajo valor de incremento calórico; que puede lograrse

con el uso de grasas, adicionadas de un 3 a 6% en la ración y ajustando la concentración de proteína hasta un 5% arriba de las recomendaciones de los cuadros de requerimientos.

AGRADECIMIENTOS

Hacemos una especial nota de agradecimiento a los Médicos Veterinarios Zootecnistas Felipe Ruíz López y Juan López, por su asistencia en los análisis estadísticos y su interpretación. Al MVZ Alvaro Angeles Marín por su ayuda en la ejecución del experimento y al personal de porquerizas del C.E.P. "La Posta" y de la Unidad Central del I.N.I.P., por su invaluable cooperación.

SUMMARY

Two experiments were done simultaneously at Palo Alto, D. F. and at the experimental research station "La Posta" at Paso del Toro, Veracruz, the objectives were to observe the effect of four caloric densities in diets for growing pigs, upon the progressive substitution of sugar cane molasses for crude soybean oil (at 3, 6 and 9%) with constant levels of crude protein, and the effect of five different protein levels (5% below, at NRC recommendations, 5, 10 and 15% above the NRC standards) using isoenergetic diets. The experiments were followed using 210 pigs from 35.0 to 95.0 kg. Criteria of response were: average of daily gain, feed intake, feed efficiency and cost analysis, including energy and protein intake and efficiency of utilization for body weight gain. Our results indicate that the use of 3 to 6% supplementary oil in rations for growing pigs in the tropics improves average of daily gain and feed efficiency, lowering cost of production all by reducing the heat increment of the diet. As a condition to observe maximum performance and economic return, we concluded on the need to

increase the protein content of the diet (from common nutrient recommendations in temperate areas) by a maximum of 5%, preventing an increase in heat increment due to protein.

LITERATURA CITADA

- ANDERSON, V.L. and R.A. McLEAN, 1974. Design of experiments: A realistic Approach. **Marcel Dekker, Inc.**, New York, NY.
- CLOSE, W. H. and L. E. MOUNT, 1978. The effect of plane of nutrition and environmental temperature on the energy metabolism of growing pigs. I: Heat loss and critical temperature. **Br. J. Nutr.**, 40:413.
- CLOSE, W. H., L. E. MOUNT and I. B. START, 1971. The influence of environmental temperature and plane of nutrition on heat losses from groups of growing pigs. **Anim. Prod.** 13:285.
- COFFEY, M. T., R. W. SEERLEY D. W. FUNDERBURKE and H. C. McCAMPBELL 1982. Effect of heat increment and level of dietary energy and environmental temperature on the performance of growing-finishing swine **J. Anim. Sci.** 54:95.
- CUARON J. A., F. X. AHERNE, R. A. EAS-TER, A. H., JENSEN and T. F. PARK. 1981. Dietary protein-calorie ratios for young pigs. **Swine Res. Repts.** 1981-9. Agricultural Experiment Station. Department of Animal Sci. University of Illinois at Urbana-Champaign.
- CURTIS S. E. 1981. Environmental management in animal agriculture. **Animal Environment Services.** Mahomet, I11.
- DAVIES, J. L. and A. M LUCAS 1972. Responses to variations in dietary energy intakes by growing pigs. 2. The effects on feed conversion efficiency and change in level of intake above maintenance. **Anim. Prod.** 15:117.
- EGGUM, B.O. 1973. A study of certain factors influencing protein utilization in ratsand pigs. **Forsglab.** Kobenhavn., Dinamarca.
- FOWLER, V. R., W. HARESIGN and D. LEWIS 1978. Energy requirements of the growing pig. **Studies in the agricultural and Food Sciences,** Butterworths, London, Engl.
- GARCIA, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificaci3n climática de Koppen, 2a. ed. **Instituto de Geografia, UNAM.** México, D. F.
- HEITMAN, H., C. F. KELLY, and T. E. BOND. 1958. Ambient air temperature and weight gain in swine. **J. Anim. Sci.** 17:62.
- IYENGAR, A. K. and B. S. NARASINGA-Rao, 1982. Effect of varying energy and protein intakes on some biochemical parameters of protein metabolism. **Am. J. Clin. Nutr.** 35:733.
- JUST, A. 1977. Intake levels of nitrogen and energy in relation with production of animal protein in growing pigs. Proc. II Int. Symposium on Protein Metabolism and Nutrition, 100. **European Association for An. Prod.** Flevohov, Dinamarca.
- MITCHELL, J. R., D. E. BEKER, A. H. JENSEN, H. W. NORTON and B. G. HARMON, 1965. Caloric density of the diet and the lysine need of growing swine. **J. Anim. Sci.**, 24:977.
- MORRISON, S. R. and L. E. MOUNT 1971. Adaptation of growing pigs to changes in environmental temperature. **Anim. Prod.** 13:51.
- MOUNT, L. E. 1976. Heat loss in relation to plane of nutrition and thermal environment. **Proc. Nutr. Soc.** 35:81.
- MOUNT, L. E., 1978. Heat transfer between animal and environmental **Prod. Nutr. Soc.** 37:21.
- NRC. 1979. Nutrient requeriments of domestic animals. No. 2 Nutrient requirements of swine. 8th. revised edition. **National Academy of Sciences.** National Research Council, Washington, D. C.
- NRC. 1981. Effect of environment on nutrient requeriments of domestic animals. **National Academy Press.** Washington, D. C.
- SEERLEY, R. W., M. C. McDANIEL, and H. C. McCAMPBELL, 1978. Environmental influence on utilization of energy in swine diets. **J. Anim. Sci.**, 47:427.
- SEERLEY, R.W., M. T. COFFEY, D. W. FUNDERBURKE and H. C. McCAMPBELL, 1981. Dietary energy and environmental temperature effects on performance and carcass traits of growing-finishing swine. **Proc. Georgia Nutrition Conference for the Feed Industry,** 1977. The University of Georgia Atlanta Ga.,
- STEEL, R. G. D. and J. H. TORRIE, 1980. Principles and procedures of statistics. A. Biometrical Approach. 2nd. ed. **International Student Edition.** McGraw Hill Inc., Tokyo, Japan.

TAMAYO, J. L., 1962. Geografía General de México, 2a. ed. **Instituto Mexicano de Investigaciones Económicas** 2:148.

TEJADA DE HERNANDEZ I., 1983. Manual de Laboratorio para análisis de Ingredientes utilizados en la alimentación animal. **Patronato de**

Apoyo a la Investigación y Experimentación Pecuaria en México, A. C., México, D. F.

VERSTEGEN, M. W. A., W. H. CLOSE, I.B. START and L. E. MOUNT 1973. The effect of environmental temperature and plane of nutrition on heat loss, energy retention and deposition of protein and fat in groups of growing pigs. **Br. J. Nutr.** 30:21.