

**PRESENTE Y FUTURO DE LA PRODUCCION ANIMAL
EN EL MUNDO CON LIMITACIONES Y
RECURSOS ALIMENTICIOS**

J. F. AGUILERA
Estación Experimental del Zaidín
Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Granada

El hombre es un animal omnívoro. A lo largo de distintas épocas la proporción de alimetros de origen animal en su dieta ha cambiado considerablemente en función de la disponibilidad de alimentos y de la densidad de población.

Los alimentos de origen animal suministran proteína de buena calidad y ciertos minerales y vitaminas en proporciones adecuadas. Contribuyen, además, a elevar la palatabilidad de la dieta, fundamentalmente a través de la densidad energética que le proporciona su contenido en grasa. En consecuencia, la presencia de alimentos de origen animal mejora la calidad de la dieta, tanto en términos de aporte de nutrientes como en términos de aceptabilidad.

La creciente disponibilidad de alimentos per cápita en los países desarrollados, en relación con los países subdesarrollados o en vías de desarrollo, que tiene su origen en el menor crecimiento demográfico y mayor capacidad productiva de los países industrializados, mantiene un permanente estado de confrontación. En efecto, desde el punto de vista de suministro de alimento, y también desde otros puntos de vista, el mundo puede dividirse en dos partes claramente diferenciadas. En la Europa Occidental, Estados Unidos, Canadá, Australia, Nueva Zelanda, Japón y también Rusia y en los países de Europa Oriental, la mayoría de la población está bien nutrida, con una ingesta energética de 12,5 MJ/día, que supone un 120% de sus necesidades energéticas. Su ingesta de proteína es de 96,4 g/día, en su mayor parte proteína de buena calidad. Muy diferente es la situación en el resto del mundo, cuya población alcanza el 70% de la total del globo. La ingesta media es de 9,2 MJ/día, esto es, 97% de sus necesidades energéticas totales, y las dietas son deficientes en proteínas (56,0 g/día). Una solución simple a este problema residiría en que los países desarrollados compartiesen su alimento y otros recursos con aquellos otros que soportan un mayor crecimiento demográfico con escasos logros en producción alimentaria. Paralelamente, la producción de alimento de origen animal está sometida a un continuo debate. Se sostiene que podría obtenerse mucha más proteína y energía si la tierra se usase para la producción de alimentos directamente utilizados para la alimentación humana y no para la producción de alimentos para los animales de granja. Sin embargo, es notorio que la rotación de cultivos combinada con la producción animal ha contribuido muy significativamente al asentamiento de una agricultura estable.

Por otra parte, la revolución industrial, entre otros aspectos, ha aumentado extraordinariamente el impacto de hombres sobre el medio físico de modo que el continuo vertido de residuos ha creado problemas de contaminación, con riesgo evidente de alterar gravemente, y aún más, de modo irreversible, el medio ecológico. Un buen número de estos residuos puede constituir sustratos a partir de los cuales se produzcan recursos alimenticios de uso bien en nutrición humana o animal.

Con estas dos premisas pueden desarrollarse ideas que permitan concluir acerca del papel que la producción animal debe desempeñar en el futuro inmediato y en base a qué recursos debe desarrollarse dicha producción.

El ecosistema constituye una unidad funcional. En él cabe distinguir dos componentes vivientes que se desarrollan sobre un soporte abiótico, constituido por los elementos y compuestos básicos del medio. Uno de los componentes es autótrofo y está formado por organismos que son capaces de captar la energía solar y de combinar las materias inorgánicas, para formar sustancias orgánicas endotérmicas; el otro componente es heterótrofo y obtiene la energía por descomposición de las sustancias complejas sintetizadas por los anteriores. La interdependencia de estos componentes es bien manifiesta. En el ecosistema tienen lugar flujos de recursos materiales y de energía desde el medio físico, abiótico, a las plantas y de éstas a animales herbívoros, carnívoros y microorganismos saprótrofos (bacterias y hongos) para finalmente volver al medio abiótico (figura 1). La mayoría de los recursos, tales como el agua, anhídrido carbónico, oxígeno, etc., se reciclan en el ecosistema. No ocurre así con la energía, que fluye a través del ecosistema para finalmente disiparse al espacio exterior bajo la forma de radiaciones de larga longitud de onda. Estas transferencias de energía y elementos materiales en los ecosistemas pueden determinarse como intensidades de flujo entre compartimientos y son cuantificables. Es interesante conocer con qué eficiencia ambos componentes vivos del ecosistema utilizan la energía, en el caso de los organismos autótrofos en los procesos de conversión de energía solar química en el caso de los organismos heterótrofos en los procesos de desasimilación. El estudio de estos procesos en su aspecto energético permite deducir conclusiones acerca del papel que la nutrición animal desempeña en el balance energético global.

La energía solar representa, con mucho, la forma de energía disponible más importante. La cantidad de energía solar que alcanza la superficie de la Tierra cada año es de 5300 Q ($1Q = 1055 \times 10^{12} \text{ MJ} = 252 \times 10^{12} \text{ Mcal}$). Esta cantidad de energía se transforma en materia vegetal sobre la superficie de la tierra y en los océanos con aproximadamente una eficiencia global de sólo el 0,023%, es decir, la producción anual de energía química bajo la forma de materia vegetal es aproximadamente de 1,2 Q, o sea, $1,3 \times 10^{16} \text{ MJ}$. Si se admite que el contenido energético de la materia vegetal es de 18 MJ/Kg., aquella la energía química supone la formación de $72 \times 10^{12} \text{ Kg/año}$ de material vegetal, de la que sólo $1,6 \times 10^{12} \text{ Kg/año}$ constituyen potencialmente alimento para el hombre. En comparación, la demanda de energía fósil es de 0,12 Q/año, que se obtiene de unas reservas mundiales estimables en aproximadamente 102 Q.

Sólo una pequeña parte de la radiación solar que alcanza la Tierra lo hace bajo condiciones que le permiten ser aprovechada para su conversión en materia vegetal. La eficiencia con que la radiación potencialmente utilizable es convertida en energía química varía en función de ciertas condiciones. La eficiencia máxima teórica de la fotosíntesis es aproximadamente del 22% de la energía luminosa visible recibida bajo condiciones de débil iluminación. A mayores intensidades luminosas dicha eficiencia desciende rápidamente. Valores experimentales típicos son del 6-7% para las llamadas plantas C_4 (entre ellas cabe citar a las gramíneas tropicales y subtropicales, como caña de azúcar, maíz y sorgo, plantas todas ellas de gran significado en la nutrición tanto del hombre como de los animales) y del 4-5% para las plantas C_3 . Si estos datos de eficiencia de transformación de la energía luminosa visible en energía química se refieren a radiación solar total, los valores han de dividirse por dos, puesto que un 50% de la radiación solar es fotosintéticamente inactiva. La intensidad de la respiración de la planta es directamente proporcional a su fotosíntesis; valores estimativos son del 30 al 50% de la fotosíntesis bruta. El proceso de respiración opera en la planta en sentido inverso al de la fotosíntesis, por lo que la eficiencia de conversión de la energía solar en materia seca vegetal debe ser considerablemente menor

que la eficiencia fotosintética aparente. Se concluye que en plantas C_3 esta eficiencia neta, es decir, la proporción de energía radiante que se transforma en energía química en cosecha, es del 2,7%. En plantas C_4 sería del 4,0%. La razón de la discrepancia entre estas cifras y la eficiencia global del 0,023% descansa en que únicamente una pequeñísima fracción de la energía solar que alcanza la Tierra incide sobre organismos fotosintéticamente activos. En la figura 2 se expresa en términos cuantitativos la transformación de la energía solar en energía química.

Aproximadamente un 10% de las 14000×10^6 Ha de superficie de tierras a nivel mundial es tierra arable. Esta superficie puede ampliarse de modo que el área potencialmente cultivable se estima en 3200×10^8 Ha. Parece pues claro que las limitaciones a la producción de materia vegetal y, por tanto, de alimento están más ligadas a la disponibilidad de superficie que a la energía. En la cadena alimentaria del hombre se originan actualmente unos $4,8 \times 10^{12}$ Kg de materia seca/año, de los que $1,6 \times 10^{12}$ Kg son productos alimenticios de uso potencial en la dieta del hombre. Sin embargo, como se indica más adelante, sólo se destinan a su alimentación $0,7 \times 10^{12}$ Kg, la mayoría de los cuales son cereales.

El estudio de las transformaciones energéticas que tienen lugar en los organismos heterótrofos, en particular las relaciones con la utilización del alimento en los animales que proporcionan alimentos para el hombre, revela que la eficiencia con que utilizan la energía es muy baja. Existe una amplia variación en la proporción de nutrientes que un animal consume, que va a ser convertida en producto animal. Los principales factores que determinan las proporciones de energía y de proteína de la dieta que van a dar origen a carne, leche, huevos, etc. se recogen en la figura 3. En ella se observa que las pérdidas resultantes de la digestión incompleta del alimento y las derivadas de sus transformaciones metabólicas son las que definen la eficiencia con que la energía de la dieta se transforma en producto animal. Es patente que existen diferencias importantes entre especies: En rumiantes, debido a la formación de metano y como consecuencia de la fermentación rumial, la energía metabolizable de la dieta es sensiblemente inferior a ésta en los animales monogástricos. Igualmente la proporción de energía de la dieta que se utiliza en los procesos de mantenimiento y producción es inferior. En la figura 3 se aprecia que sólo el 30 o el 41%, según se trate de un rumiante productor de carne o de leche, se utiliza en dichos procesos, en tanto que las cifras son del 53 al 60% para el pollo broiler y el cerdo.

De energía neta únicamente la ingerida por encima del mantenimiento puede emplearla el animal para sus procesos productivos. El nivel de ingesta es probablemente el factor más importante que afecta a la eficiencia de conversión del alimento en productos animales. En la figura 4 se observa que la utilización de la dieta para procesos productivos varía entre el 0 y el 80% al aumentar el nivel de ingesta desde una a cinco veces el mantenimiento. En la figura 5 se recogen unas estimaciones llevadas a cabo al respecto. Por ejemplo, la energía neta utilizada para mantenimiento, expresada como porcentaje de la total ingerida, es en una vaca lechera que produce 10 Kg de leche/día el 53% y sólo el 36% si produce 20 Kg/día. En el vacuno de carne el porcentaje oscila entre 38 y 44%; en vacuno en crecimiento entre 52 y 63%; en cerdos en crecimiento 35%, etc.. esta situación básica es aplicable a todas las especies y no puede ignorarse en los cálculos de eficiencia de conversión del alimento en producto. En cualquier caso es evidente que las pérdidas energéticas que se producen en los procesos metabólicos relacionados con la utilización del alimento en los animales son cuantiosas. En la figura 6 se expresa la eficiencia global de transformación de la energía en distintos sistemas de producción animal. En ningún caso la eficiencia con que la energía metabolizable se transforma en energía neta bajo la forma de producto directamente utilizable como alimento para el hombre supera el 25%. Esto quiere decir que únicamente en el caso de la producción porcina esta energía depositada supera el 15% de

la energía bruta contenida en el alimento ingerido. Como convertidores de proteína los animales son más eficaces, pero en cualquier caso la eficiencia de producción de proteína en los sistemas de producción animal es baja comparada con la producción de proteína de plantas o microorganismos.

A pesar de estas bajas eficiencias la importancia cuantitativa de la nutrición animal es hoy día enorme. Los países desarrollados empleen muchos más recursos energéticos en alimentar a su ganadería que a su población humana. Cualitativamente la nutrición animal no es menos importante; pocos seres humanos tienen su dieta tan cuidadosamente equilibrada y controlada como la tiene un pollo broiler o un cerdo.

El extraordinario progreso que en las últimas décadas ha experimentado la Ciencia de la Nutrición animal se ha de atribuir, al menos parcialmente, a la constante preocupación del hombre por mejorar su calidad de vida. Conforme crece su economía se manifiesta una intensificación en la producción ganadera, a la que acompaña una mejora definitiva en los índices de utilización de la dieta. A este progreso han contribuido factores diversos tales como la mejora en el potencial genético, la racionalización de las técnicas de manejo y desarrollo de las técnicas de explotación intensiva, la incorporación de la denominada tecnología de los alimentos y, sobre todos ellos, el avance enorme experimentado en la nutrición. Sin embargo, parece oportuno indicar que en futuro los avances que tengan lugar en base a la genética y a la nutrición serán menos espectaculares que los conseguidos en el pasado reciente.

Paralelamente a la producción animal, la producción vegetal ha experimentado un desarrollo extraordinario, de modo que no existe duda de que la producción mundial de alimento no sólo ha mantenido el ritmo del crecimiento demográfico, sino que aún le ha superado, aunque ello no ha hecho desaparecer el fantasma de la falta de recursos alimenticios, toda vez que en los países subdesarrollados aquél ha aumentado más que su capacidad de producción de alimentos. Por otro lado, la llamada Revolución verde no sólo ha aumentado espectacularmente la producción de materia vegetal y los rendimientos de cosecha, sino que también lo ha hecho con los precios de la producción agrícola, dada su dependencia de energía fósil. Estos dos últimos factores inciden negativamente en el aumento de producción de alimentos en los países no industrializados.

Cabe aquí preguntarse sobre el papel que debe desempeñar la producción animal en el futuro inmediato. Según la FAO un 25% de la población mundial recibe en su dieta cantidad insuficiente de proteína, de energía o de ambas, lo que causa cerca de veinte millones de muertes anuales. Para mantener el suministro de alimento para una población en continua expansión será imprescindible incrementar la producción de alimento en un 20-30% en cada década. Los animales y sus productos pueden prestar una contribución importante a esta demanda, si la producción animal es convenientemente reorientada. Resulta enorme la tarea que supone desarrollar los conocimientos y la tecnología sobre producción animal que se precisan para superar este reto en un futuro inmediato.

En este contexto, el nutriólogo se enfrenta con el sólido argumento moral en contra de la alimentación de los animales con recursos cuyas características les permiten su inclusión en la dieta humana. Y ello por las razones de eficiencia energética apuntadas anteriormente. A pesar de ello, todos los sistemas intensivos de producción animal descansan ampliamente en el uso de cereales o recursos similares. Ello parece adecuado desde el punto de vista de su nutrición en animales monogástricos y es de gran importancia en ruminantes, particularmente en vacuno lechero, toda vez que ello mejora el rendimiento con reducción del costo. Sin embargo, en relación con los animales no ruminantes la utilización del grano es metabólicamente menos eficaz, como ya se ha señalado. Como consecuencia de todo esto, los cereales, que en los países en vías de desarrollo proporcionan la mayor parte de la energía de la dieta del hombre, cubren, junto a otros alimentos

concentrados y en términos globales, un 40-45% de los requerimientos energéticos de los animales en los países industrializados. Más aún el área dedicada al cultivo de cereales en el mundo occidental se ha extendido para atender las demandas de la industria ganadera. Si esta demanda se aminorase, dicho área se reducirá, a menos que se implantara a nivel global un modelo de desarrollo mucho más justo y solidario, que promoviese acciones oficiales y aplicara el soporte económico necesario para derivar el grano a los países subdesarrollados.

Se hace, pues, necesario situar la producción animal en un mundo de recursos limitados, de tal manera que, en la medida de lo posible, el animal no se erija en competidor del hombre frente al alimento, sino en una fuente suplementaria de proteína de calidad en la dieta humana.

La Ciencia de la Nutrición animal ha de enfrentarse al problema de escasez de recursos alimenticios actuando en dos direcciones:

– Explotando con la máxima intención la capacidad de algunos animales domésticos, los rumiantes, para utilizar la energía de la celulosa, esto es, para el uso como fuente nutritiva de subproductos agroindustriales, residuos y otros recursos naturales ricos en material lignocelulósico (más de 50% de la producción agrícola en materia seca está formado por residuos de cosecha), así como recursos vegetales de áreas no accesibles al arado; y

– Incrementando la eficiencia de transformación de recursos vegetales en productos animales, con el objeto de disminuir los costos de producción y crear los incentivos necesarios para un mayor desarrollo ganadero. Importantes esfuerzos será necesario realizar para aumentar el conocimiento del control hormonal y de los mecanismos metabólicos que determinan o limitan la capacidad de ingesta y la eficiencia de conversión de la energía por el animal.

BIBLIOGRAFIA

- BALCH, C. C. y REID, J. T. 1976. En: Food production and consumption. The efficiency of human food chains and nutrient cycles. (A. N. Duckham, J.G.W. Jones and E. H. Roberts, ed) pag. 171-198. Amsterdam: North-Holland Publishing Company.
- GREENHALGH, J. F. D. 1976. The dilemma of animal feeds and nutrition. Anim. Feed Sci. Technol., 1, 1-7.

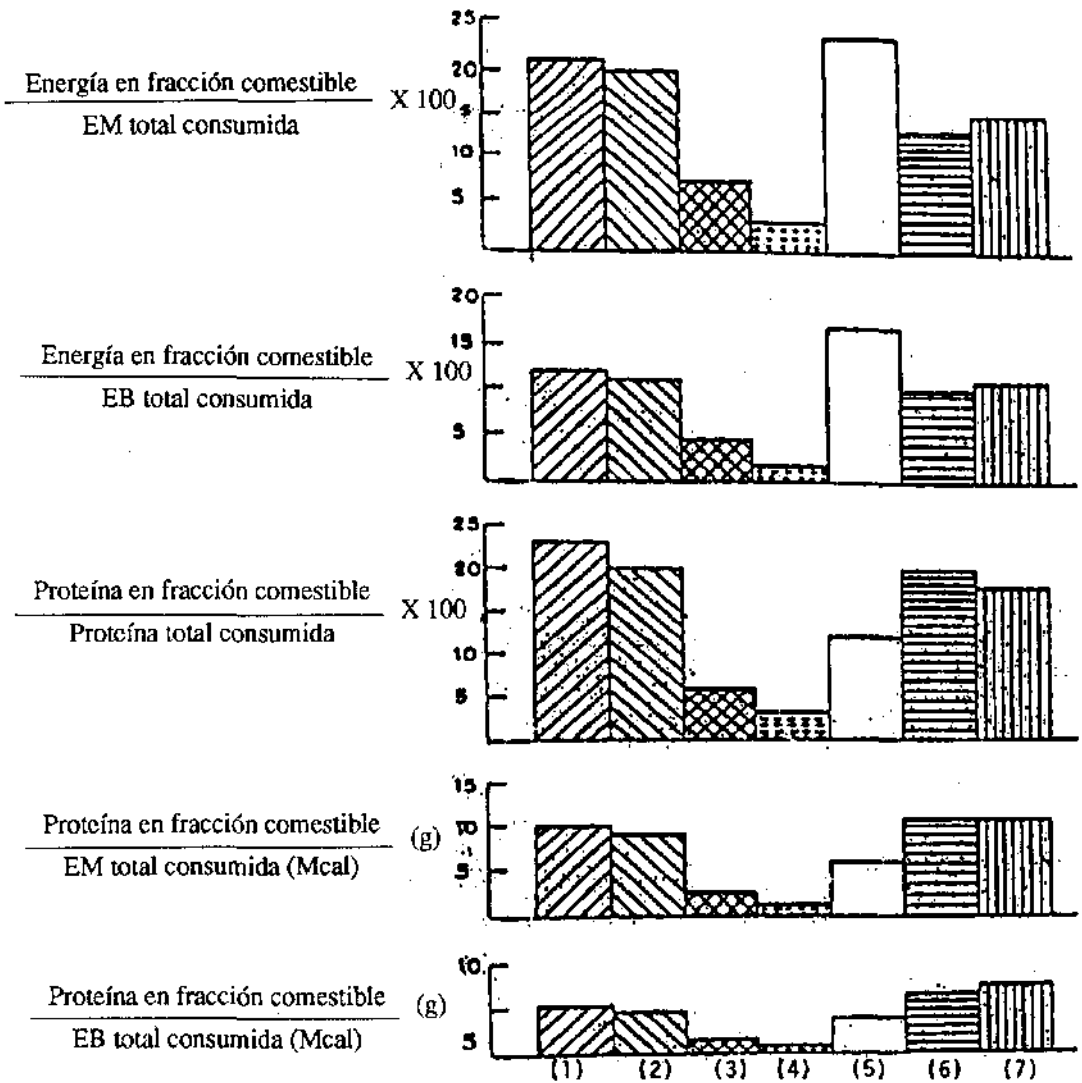
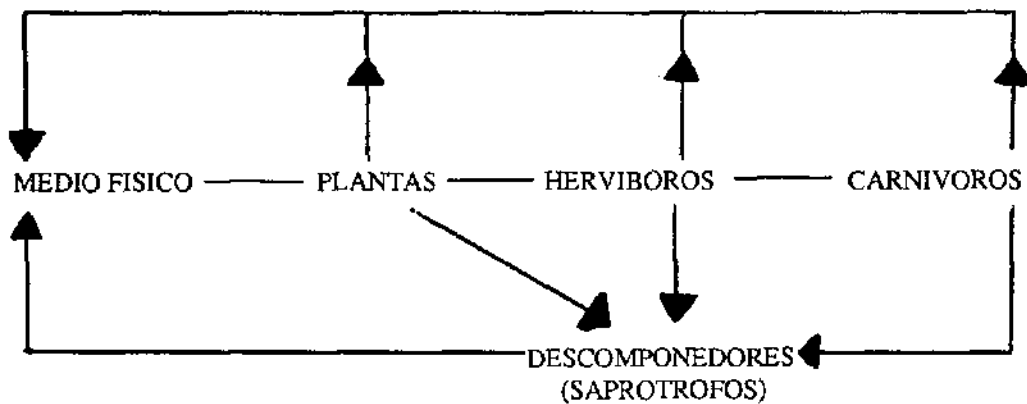


FIGURA 6.- Eficiencia de utilización de la energía y de la proteína de la dieta en distintos sistemas de producción animal. (1) Vacuno lechero. (2) Vacuno mixto. (3) Vacuno de carne. (4) Ovino. (5) Porcino. (6) Broilers. (7) Ponedoras.



→ : FLUJO DE MATERIALES Y ENERGIA

FIGURA1.- ESTRUCTURA TROFICA DE UN ECOSISTEMA

ENERGIA SOLAR: $5.300 Q^*/AÑO \sim 178.000 \times 10^6 MJ / seg$

FOTOSINTESIS (0.0225%)

$1,2 Q/AÑO \sim 1.300 \times 10^{12} MJ/AÑO \sim 40 \times 10^6 MJ / seg$

MATERIA VEGETAL, 18 MJ / Kg.

$72 \times 10^{12} Kg / AÑO \sim 2,2 \times 10^{12} Kg. / seg. (M. seca)$

ALIMENTO POTENCIAL HUMANO $1,6 \times 10^{12} Kg. / AÑO (M. seca)$

* $1 Q = 1055 \times 10^{12} MJ$

FIGURA 2.- TRANSFORMACION DE LA ENERGIA SOLAR EN ENERGIA QUIMICA

	CERDO	RUMIANTE	POLLO
Ingesta de energía bruta (EB)	100	100	100
→ Energía en heces (EF)	20 (5-40)	30 (10-60)	13-25
Energía digestible aparente (ED)			
→ Energía en gases (E_{CH_4})	0 (0-1)	8 (5-12)	0
→ Energía en orina (EO)	4 (1-6)	4 (3-7)	
→ Calor de fermentación		3-8	
Energía metabolizable (EM)	76	58	80
→ Incremento calórico			
→ Mantenimiento (EN_m)			
→ Producción ($EN_p = ER$)			
Calor total (PC)	23	28	20
Energía neta (EN)	53	30/41	60

FIGURA 3.- PARTICION DE LA ENERGIA EN EL ANIMAL

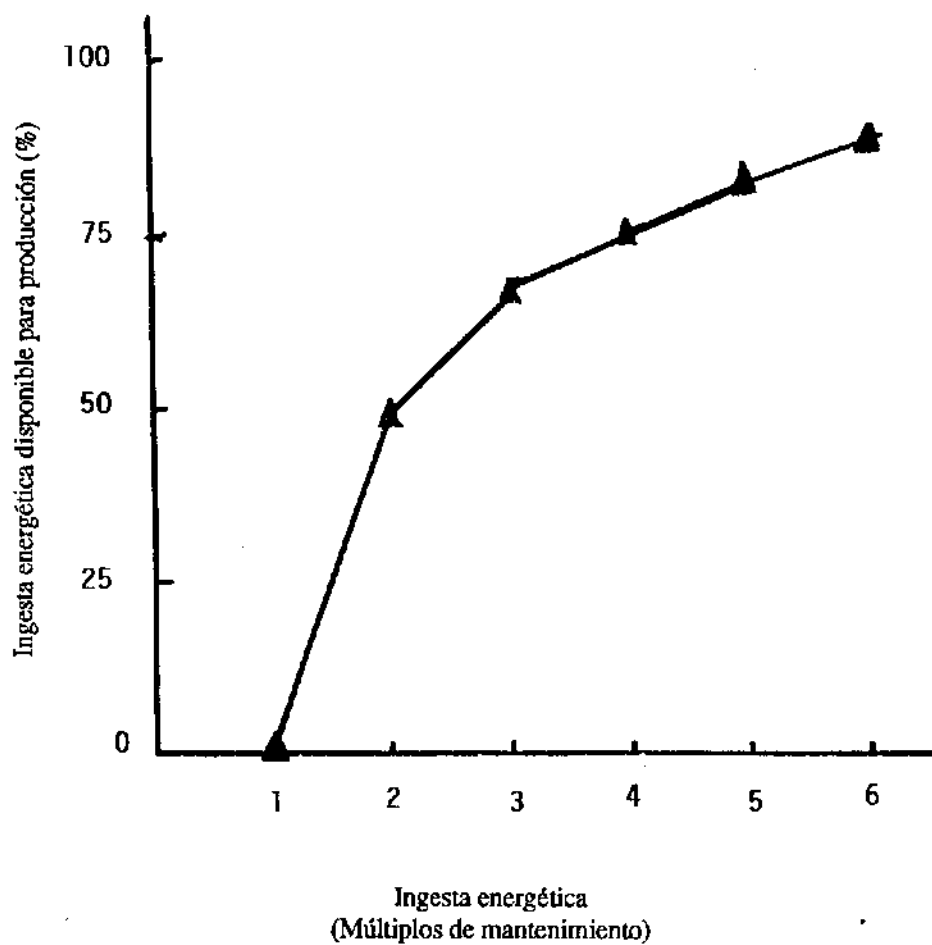


FIGURA 4.- INFLUENCIA DEL PLANO DE NUTRICION SOBRE LA EFICIENCIA DE UTILIZACION DE LA ENERGIA

	VACUNO				Cerdos	Ponedoras	
	Producción leche		Cebo	Crecimiento		200 u/año	300 u/año
	10 Kg./d	20 Kg./d					
Energía neta							
- Mantenimiento							
% Energía neta	53	36	38-44	52-63	35	67	57
% Energía bruta	22	15	11-13	16-19	19	40	34
-Producción							
% Energía neta	47	64	62-56	48-37	65	33	43
% Energía bruta	20	26	19-17	14-11	34	20	26

FIGURA 5.- Fraccionamiento de la energía del alimento