

11662
2
201

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

**VALOR ENERGETICO DE LA MELAZA Y COMPLEMENTACION
PROTEICA EN DIETAS PARA CERDOS**

T E S I S

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

P R E S E N T A

M.V.Z. Sergio Raúl Fernández Tinoco

A S E S O R

Dr. José Antonio Cuarón Ibarquengoytia

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México

RECIBIDO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
1989



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

RESUMEN

Fernández T. Sergio. 1989. Valor energético de la melaza y complementación proteica en dietas para cerdos. Tesis M.C., asesor José A. Cuarón. Facultad de Estudios Superiores-Cuautitlán, U.N.A.M.

Se realizaron cinco experimentos en las instalaciones del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria-Fisiología del INIFAP, SARH. Los cuatro primeros para determinar las concentraciones adecuadas de proteína y lisina, al utilizar; 19.55 % de melaza en cerdos de 20 a 35 kg y 30 % en cerdos de 35 a 60 y 60 a 100 Kg de peso corporal. En el quinto trabajo se obtuvieron los valores de energía biodisponible de la melaza para cerdos en crecimiento.

En los primeros tres trabajos, se encontró que la inclusión de melaza en la dieta, a las concentraciones usadas en estos trabajos, no ocasionó un efecto detrimental sobre la tasa de ganancia diaria de peso. Esto a costa de un aumento en el consumo de alimento, siendo factible disminuir la concentración de proteína dietaria en 2 unidades porcentuales, así como la de lisina en 0.08 unidades porcentuales en cerdos de 60 a 100 kg de peso y en 0.04 unidades porcentuales en cerdos de 35 a 60 kg de peso. Las pruebas de retención de nutrientes, indicaron un decremento en la digestibilidad de los mismos al utilizar melaza en la ración, sin afectarse la metabolización de estos. Se recomienda obtener los valores de energía biodisponible de la melaza de caña a partir de las ecuaciones de regresión obtenidas en este trabajo, sustituyendo en las mismas el porcentaje de melaza a utilizar, siendo válido, dentro del rango de los porcentajes de inclusión utilizados en el presente trabajo: 0 a 30 %. El dato obtenido en cada caso es más representativo, que si se propone un solo valor de energía metabolizable aparente o energía digestible aparente para cualquier nivel de inclusión, ya que a bajas concentraciones del ingrediente se subestima su valor energético y en altas concentraciones, se sobreestima este valor.

I N D I C E

CAPITULO I. INTRODUCCION.

INTRODUCCION.....	1
HIPOTESIS.....	3
OBJETIVOS GENERALES.....	4

CAPITULO II. REVISION DE LITERATURA. ANTECEDENTES PARA EL PLANTEAMIENTO DEL TRABAJO.

INTRODUCCION.....	5
FLUJO DE LA ENERGIA EN EL ANIMAL.....	6
ESTIMACION DE LA ENERGIA BIODISPONIBLE.....	10
UTILIZACION DE LA PROTEINA DIETARIA POR EL CERDO Y SUS RELACIONES CON LA ENERGIA.....	13

CAPITULO III. UTILIZACION DE LA PROTEINA DIETARIA POR EL CERDO AL CONSUMIR DIETAS CON ALTO PORCENTAJE DE INCLUSION DE MELAZA

INTRODUCCION.....	17
HIPOTESIS.....	18
OBJETIVOS.....	19
MATERIAL Y METODOS.....	20
RESULTADOS.....	30
DISCUSION.....	52
CONCLUSIONES.....	60

CAPITULO IV. OBTENCION DE LOS VALORES DE ENERGIA BIODISPONIBLE DE LA MELAZA PARA EL CERDO

INTRODUCCION. DETERMINACION DEL CONTENIDO DE ENERGIA BIODISPONIBLE DE LA MELAZA.....	61
HIPOTESIS.....	62
OBJETIVOS.....	63
MATERIAL Y METODOS.....	64
RESULTADOS.....	68
DISCUSION.....	74
CONCLUSIONES.....	79

LITERATURA CITADA.....	80
------------------------	----

ANEXO. FACTIBILIDAD DEL USO DE LA MELAZA EN LA FORMULACION COMERCIAL.....	88
---	----

CAPITULO I

I N T R O D U C C I O N

La gran capacidad reproductiva del cerdo, su rápida tasa de crecimiento y su relativa eficiente capacidad para transformar alimentos en tejidos ubican a la porcicultura en un primer lugar en la producción de carne, aportando el 37 % del total mundial (Industry Statistics, 1982; citado por Pérez, 1986). México no es la excepción, a partir de 1975, la producción de cerdos ocupa un lugar relevante dentro de las ganaderías productoras de carne, alcanzando en el año de 1983 un volumen equivalente al 48 % de la cantidad total de carne producida en el país (Pérez, 1986). Es importante tomar en cuenta que el gasto fijo más alto del costo de producción en las empresas pecuarias, reside en el aspecto nutricional (Shimada, 1986) y que, dados los sistemas de producción comercial y la intensidad de la producción, en México los cerdos junto con las aves consumen el 85 % de los alimentos nacionales (Lozano y Villagómez, 1986).

En terminos generales, el alimento balanceado para cerdos contiene alrededor de 65 % de sorgo, utilizando como fuente de proteína pastas de oleaginosas principalmente. Sin embargo, México no es autosuficiente en la producción de sorgo y oleaginosas, teniendo la necesidad de importar aproximadamente el 30 % del consumo nacional de sorgo y el 50 al 60 % de las oleaginosas (Lozano y Villagómez, 1986), ocasionando esta situación un aumento en el costo del alimento y la consiguiente dependencia del sector.

Uno de los objetivos del nutriólogo al formular un alimento balanceado es la obtención de la máxima utilidad para el productor (Cuarón, 1984), esto es, al suministrar un alimento cuyas concentraciones de nutrientes sean lo más cercanas a las necesidades del animal y minimizar el desperdicio de materia (pérdidas fecales, urinarias, radiantes y gaseosas), para aumentar la eficiencia alimenticia (ganancia de peso / unidad de alimento consumido). Además se debe pensar también en las situaciones de mercado y disponibilidad de materia prima, lo que trae como consecuencia que el precio de algún ingrediente o su existencia pueden no ser constantes, lo que provoca que los criterios de formulación de raciones no siempre estén encaminados a obtener las mejores eficiencias alimenticias. Un ejemplo de esta aseveración lo constituye el hecho de que para alcanzar la concentración energética que recomienda el NRC (1988) para cerdos en crecimiento, con la finalidad de obtener la máxima eficiencia biológica (3.175 Mcal de energía metabolizable), se requiere el uso de grasas, ingredientes que encarecen el costo de la ración y por lo tanto, su utilización en la formulación de alimentos balanceados en el país es mínima (Lozano y Villagómez,

1986).

En consecuencia una de las formas de aumentar la eficiencia de uso de alimentos en las granjas porcinas, consiste en la posibilidad de utilizar ingredientes alternos en la formulación de las dietas, ya que esto permite entre otras cosas, jugar con la disponibilidad y los precios de oportunidad de los ingredientes para encontrar la solución económicamente más atractiva. Sin embargo, para poder utilizar un ingrediente en la fabricación de alimentos balanceados, es necesario conocer el tipo de nutrientes que aporta, la biodisponibilidad de los mismos y la respuesta del animal ante el consumo del mismo.

La melaza de caña es un ingrediente producido en el país como subproducto del procesamiento de la caña de azúcar. La producción nacional de melaza alcanza las 1'577,041 toneladas, exportándose alrededor del 20 % de esta cantidad (Azúcar S.A., 1986). Tomando en cuenta el valor de 2 Mcal/kg de energía metabolizable aparente para cerdos, propuesto para la melaza en los cuadros de composición de alimentos (N.R.C., 1988), la producción nacional de este ingrediente, equivale energéticamente a cerca de un millón de toneladas de sorgo, aunque con un contenido de proteína mucho menor.

Se ha estudiado el comportamiento animal ante la utilización de dietas con alto contenido de melaza, observándose que en animales en crecimiento, concentraciones de hasta un 30 % en la ración no alteraron la ganancia de peso al compararse contra dietas con base en grano ; no obstante, se presentó un aumento en el consumo de alimento en detrimento de la eficiencia alimenticia (Blanco et al., 1964), situación no observada por Robles et al. (1974). También se ha estudiado la causa de la presencia de heces líquidas al utilizar niveles altos de inclusión de este ingrediente (Soriano, 1982), lo que no se ha revisado es la utilización de nutrientes ante la inclusión de este ingrediente, en altas concentraciones en la ración, ya que no por fuerza serán utilizados en la misma manera que al consumir las dietas convencionales sorgo-pasta de soya, situación que permite presumir discordancia entre los requerimientos de nutrientes propuestos al utilizar dietas convencionales sorgo-pasta de soya y las necesidades del animal al consumir dietas con altos porcentajes de inclusión de melaza.

La melaza está compuesta en un 40-60 % por azúcares solubles (Spencer, 1967; citado por Soriano, 1982), siendo su principal aporte nutricional la energía, calculándose para este ingrediente un valor de energía metabolizable equivalente al 60-70 % del valor energético del sorgo (N.R.C., 1979 y N.R.C. 1988) no obstante, los valores energéticos establecidos para la melaza en los cuadros de composición de ingredientes son extrapolaciones, con base en su contenido de azúcares, situación que evita la exactitud en el balanceo de raciones.

Lo anterior aunado a que el mayor porcentaje del costo de un alimento balanceado para cerdos es representado por el aporte de

energía (Just et al., 1983), deja entrever la importancia de conocer el valor de energía biodisponible de la melaza para el cerdo, así como su relevancia en la utilización de la fracción proteica. Surgiendo las siguientes hipótesis:

HIPOTESIS

1. Los cerdos alimentados con altas concentraciones de melaza dietaria presentan un aumento en el consumo de alimento, lo que permite cubrir o sobrepasar sus demandas de nutrientes en g o Mcal/día, aun al diluir la concentración de estos en la ración.
2. Los valores de energía biodisponible de la melaza para el cerdo son diferentes a los que se informan en los cuadros de composición de alimentos.

Con este planteamiento, en este trabajo se analizó la utilización de nutrientes, básicamente lisina y proteína, ante la inclusión de niveles altos de melaza en la ración. También se determinó la energía biodisponible de la melaza para el cerdo en crecimiento.

Se realizaron tres pruebas de comportamiento y dos trabajos de retención de nutrientes en jaulas metabólicas, para esclarecer las hipótesis planteadas. Estos experimentos se llevaron a cabo entre octubre de 1986 y febrero de 1987, en las instalaciones del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria-Fisiología del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, SARH.

OBJETIVOS GENERALES

1. Determinar el límite biológico de compensación por aumento de consumo de alimento, para cubrir requerimientos de proteína y lisina (en g/día) al diluir la concentración de estos en la ración, utilizando melaza en altos porcentajes de inclusión.
2. Determinar el aporte de energía biodisponible de la melaza para cerdos.

CAPITULO II

REVISION DE LITERATURA

ANTECEDENTES PARA EL PLANTEAMIENTO DEL TRABAJO

INTRODUCCION

La utilización de melaza de caña en la alimentación de cerdos en el país, no se realiza a concentraciones mayores del 5 % (Lozano y Villagómez, 1986). Tradicionalmente se mencionan inconvenientes, tanto biológicos como de proceso y manejo del alimento, al utilizar este ingrediente a altas concentraciones en las raciones para cerdos. De los problemas biológicos se mencionan: disminución de la ganancia de peso, baja eficiencia alimenticia (Brooks y Iwanaga, 1967; Bravo y Cabello, 1968; Robles et al., 1974); producción de canales grasas (Loeza et al., 1987) y presencia de diarreas (Soriano, 1982). Con respecto al proceso y manejo del alimento, se mencionan: problemas de mezclado, al incluir melaza en la ración en concentraciones mayores al 5 %, no es conveniente utilizar mezcladoras verticales (A.F.M.A., 1976) y en cuanto a las mezcladoras de listón horizontales, la utilización de niveles de inclusión de melaza a más del 15 % en la ración, ocasiona la necesidad de disminuir el volumen por mezcla, aumentando el tiempo de mezclado, por ejemplo, al incluir 30 % de melaza en la ración, se aumenta el tiempo de mezclado en un 33 % (Loeza et al., 1987).

Con respecto a los efectos adversos en cuanto a ganancia de peso y eficiencia alimenticia existe información en la literatura mencionando que niveles de inclusión de melaza en la ración de hasta el 30 % (sin ajustar energía con base en la adición de grasas), no ocasionan efectos detrimentales en cuanto a la ganancia de peso (Blanco et al., 1964); la baja eficiencia alimenticia, explicada por un aumento en el consumo de alimento, en el caso de no verse afectada la ganancia de peso abre la posibilidad de diluir la concentración de nutrientes en la ración; la producción de canales grasas se evita al determinar la adecuada relación proteína-energía (Campbell et al., 1984; 1985) para las dietas con altos porcentajes de inclusión de melaza; la presencia de diarreas no es de importancia, ya que se considera como una respuesta mecánica al consumo del ingrediente (Soriano, 1982). Los problemas de mezclado, se pueden resolver con el uso de una enmelazadora o mezcladora de flujo continuo (A.F.M.A., 1976) en la planta de alimentos, pudiendo utilizar concentraciones de hasta un 40 % de este ingrediente en la ración, sin afectar cantidades de mezclado o tiempos en la planta de alimentos.

De lo anterior quizá lo más preocupante sea la pérdida en eficiencia alimenticia, originada esta por la dilución energética.

FLUJO DE LA ENERGIA EN EL ANIMAL

La energía se define como la capacidad de producir trabajo, siendo los animales superiores dependientes totalmente de la energía contenida en los enlaces químicos de los alimentos, tanto en la fracción lipídica, como en los hidratos de carbono y las proteínas (Scott et al., 1982), para realizar el organismo trabajo osmótico, de biosíntesis, transporte, contracción, locomoción, entre otros (Lehninger, 1975). Esta situación y el hecho de que en un alimento balanceado el mayor porcentaje del costo del mismo, esté representado por el aporte de energía, denotan la importancia de conocer el aporte de este nutriente.

La energía es una abstracción que solo puede ser medida cuando se transforma de una forma en otra. En los estudios de nutrición, la forma de medir la energía contenida en los enlaces químicos de un alimento, consiste en medir el cambio de temperatura, debido la combustión de la materia hasta dióxido de carbono agua y cenizas, utilizando por lo tanto, como unidad de medida energética la caloría (cantidad de energía necesaria para elevar la temperatura de 1 g de agua de 16.5 a 17.5 C), aunque se recomienda utilizar el joule (0.239 calorías), ya que esta es la unidad oficial energética adoptada por el Sistema Internacional de Unidades, para expresar la energía como trabajo (N.R.C., 1981). Sin embargo, las mediciones se hacen en unidades de calor para luego transformarlas a las otras unidades (e.g., joules).

El conocimiento de la cantidad total de energía liberada por un alimento al quemarlo, no refleja la utilización de este por parte del animal ya que existen ineficiencias en el proceso por el animal. Para comprender estos conceptos es necesario recalcar que el comportamiento de la energía en las entidades biológicas se realiza conforme a las dos primeras leyes de la termodinámica: estableciendo la primera que; la energía no puede ser creada ni destruida. Así, en cualquier proceso, físico, químico o biológico, la energía total del sistema más la del medio que lo rodea permanece constante, por lo tanto, los organismos vivos no consumen ni crean energía, solo la transforman, de tal forma que cuando el animal consume y excreta nutrimentos, existe un decremento en la cantidad de energía contenida en el alimento, ocurriendo un aumento en la energía corporal del animal, la que eventualmente, es regresada al medio ambiente, pero en forma no utilizable otra vez por el animal. El hecho de que la energía que sale del cuerpo del animal, una vez que este la utilizó, no tenga las mismas características que cuando la obtuvo, es explicado por la segunda ley, la cual establece que en todos los procesos, la entropía (grado de desorden de la energía), tiende a alcanzar

el equilibrio.

De lo anterior surge la imposibilidad de que el cambio de un tipo de energía en otro, se realice con absoluta eficiencia, por lo tanto, cuando una forma de energía se transforma en otra, siempre existe una fracción que se convierte en calor (la forma más elemental de la energía), difundiendo al medio.

El flujo de la energía contenida en un alimento a través del animal, se explica por la siguiente igualdad:

$$EC = EH + EG + EO + PC + ER$$

en donde,

EC = Energía consumida en el alimento.

EH = Energía de las heces, proveniente del alimento consumido que no se absorbió.

EG = Energía proveniente de los gases de fermentación del alimento consumido (esta fracción en cerdos alimentados con las dietas convencionales cereal-pasta de oleaginosa es tan pequeña que usualmente se omite).

EO = Energía de la orina, proveniente del alimento absorbido y que no llega a retenerse por el metabolismo.

PC = Producción total de calor o pérdida energética del sistema animal en forma diferente a los compuestos combustibles.

ER = Energía retenida como parte del cuerpo o excretada como un producto útil (leche, huevo, pelo, carne).

La energía de las heces proveniente del alimento consumido, corresponde a la fracción orgánica indigestible del alimento, lo cual puede ocurrir por carencia enzimática (los no rumiantes no poseen la enzima celulasa), o por una velocidad de paso de ingesta elevada, impidiendo una degradación completa de los alimentos.

En referencia al primer punto, es necesario agregar que en el caso de cerdos adaptados a consumir raciones altas en fibra, la utilización de la misma por la actividad fermentativa microbiana cecal, produce ácidos grasos volátiles que llegan a representar hasta un 30 % de los requerimientos de energía de mantenimiento, (Rerát et al., 1987). Sin embargo, al utilizar dietas convencionales grano-pastas de oleaginosa, la actividad fermentativa en ciego, no se toma en cuenta para los fines de partición de la energía dietaria en animales no rumiantes, debido a el estimado pequeño aporte que representa para el animal (N.R.C., 1981). En el caso de dietas con alta concentración de melaza, se dedujo que la actividad fermentativa para los hidratos de carbono de sobrepaso en cerdos es también mínima (Cuarón,

1986), muy probablemente este efecto sea ocasionado por un aumento en la velocidad de paso de la ingesta, ya que se ha observado una alta correlación positiva, entre proporción de melaza en la dieta y la velocidad de paso de la ingesta (Pérez, 1968; Ly y Velazquez, 1970).

Una vez que el alimento es absorbido en el tubo gastroentérico (porción digestible), en el caso de los animales no rumiantes existe una pérdida energética más, la cual es excretada por vía urinaria y corresponde a la materia absorbida que no es retenida por el animal (N.R.C, 1981). En este punto se hace necesario reconocer la influencia del estado fisiológico y nutricional del animal sobre la magnitud de la pérdida energética urinaria, ya que, dependiendo de la eficiencia de depósito de proteína en los tejidos en función del consumo de la misma, se aumenta o disminuye la excreción de productos nitrogenados (urea en el caso del cerdo) en la orina, provocando una mayor o menor cantidad de energía excretada por unidad de alimento consumido (Wolynetz y Sibbald, 1984).

La energía retenida corresponde a los enlaces químicos que están manteniendo los tejidos del animal o los productos que se obtienen a partir de este.

La producción total de calor, se explica a su vez por la siguiente ecuación:

$$PC = MB + AV + TR + IC$$

en donde,

MB = Calor del metabolismo basal.

AV = Calor de la actividad voluntaria.

TR = Calor de la termorregulación.

IC = Incremento calórico.

El calor del metabolismo basal es producido por todas aquellas funciones corporales encargadas de mantener la actividad celular vital, la respiración, la circulación sanguínea, lo cual también se conoce como producción de calor en reposo, en ayuno y dentro de la zona de termoneutralidad. En estos procesos, no se realiza la transformación de la energía en trabajo mecánico al 100 %, eliminándose calor, por ejemplo, debido a el roce de la sangre al pasar por las vías circulatorias o por el movimiento cardiopulmonar.

El calor de la actividad voluntaria, se refiere a los movimientos del animal para buscar alimento; agua, etc., encontrando aquí también que la utilización de la energía química para producir trabajo mecánico, no es del 100 %, sino que, siguiendo el postulado de la segunda ley de la termodinámica, una parte de esa energía se degrada y difunde al medio sin haber sido

utilizada por el animal.

Cuando el animal se encuentra fuera de su zona de termoneutralidad, se activan mecanismos para mantener la temperatura corporal como el temblor muscular o la piloerección, el jadeo y que la circulación sanguínea se dirija hacia las porciones más externas del cuerpo para tratar de disipar calor. Sin embargo, todos estos mecanismos presentan un costo, por la ineficiencia en los procesos, produciendo calor a su vez, si el animal se encuentra a temperaturas inferiores a la de su zona de termoneutralidad, esta producción de calor es benéfica, mientras que si encuentra expuesto a altas temperaturas, los mismos mecanismos para disipar calor están contribuyendo a la producción del mismo.

Finalmente el incremento calórico, también conocido como; efecto dinámico específico del alimento (Robles, 1976) está explicado por los siguientes componentes:

$$IC = CDA + CF + CFP + CFMD$$

en donde,

CDA = Calor de digestión y absorción.

CF = Calor de fermentación.

CFP = Calor de formación de productos.

CFMD = Calor de formación de metabolitos de desecho.

El calor de digestión y absorción, viene a representar el costo por movimientos de las vísceras encargadas de la digestión, secreción de enzimas y jugos digestivos y los gastos energéticos de absorción de nutrientes, en este caso, la energía necesaria para que se realicen estos procesos, no se convierte en trabajo al 100 %, sino que existe la porción ineficiente como calor. El calor de fermentación es importante más bien en rumiantes, en donde la acción de la biomasa en el rumen está generando calor al utilizar energía química para degradar los componentes de la ingesta.

El calor de formación de productos, es básicamente el costo del anabolismo, al llevarse a cabo la síntesis de las moléculas orgánicas a partir de sus compuestos estructurales utilizando la energía proveniente de los ATP, no toda esta energía queda en los enlaces químicos que se forman, ya que una parte se difunde al medio en forma de calor.

Finalmente, el calor por formación de metabolitos de desecho, incluye también el calor producido, a partir del uso de ATP para la formación de compuestos de eliminación del nitrógeno como es el caso de la urea en el cerdo o el ácido úrico en las aves.

ESTIMACION DE LA ENERGIA BIODISPONIBLE

De la información anterior, se deduce la necesidad de conocer la energía que realmente utiliza el animal, ya que hablando de dos ingredientes compuestos fundamentalmente por hidratos de carbono: el rastrojo de maíz y el grano de maíz, la energía bruta de ambos es de alrededor de 4.1 Mcal por kg de materia seca, pero la energía digestible del rastrojo es de 0.778 contra 3.5 Mcal por kg de energía digestible del grano de maíz y la energía metabolizable de estos compuestos es de 0.753 contra 3.3 Mcal por kg del grano de maíz, reflejándose en el comportamiento animal, ya que la inclusión de 10 % de rastrojo de maíz en una ración balanceada para cubrir los requerimientos de cerdos en engorda, provoca una disminución en la ganancia de peso de los cerdos, debido a que se diluye la energía aportada a los animales (Cisneros, 1989), mientras que la utilización de grano de maíz permite cubrir por completo los requerimientos de energía de los animales.

Una duda importante de resolver consiste en decidir cual es la metodología más adecuada para evaluar la energía disponible de los ingredientes de una ración balanceada. Las tres evaluaciones de la energía biodisponible que aportan tanto las dietas como los ingredientes son: energía digestible (ED), energía metabolizable (EM) y energía neta (EN); tanto de producción (ENp o energía retenida), como de mantenimiento (ENm), correspondiendo por definición a las siguientes igualdades:

$$ED = EC - EH,$$

$$EM = ED - EO,$$

$$EN = EM - IC \quad y$$

$$EN = ENp + ENm$$

Logicamente, mientras más se acerque la metodología a la fracción energética definida anteriormente como energía retenida:

$$ER = EN - (MB + CA + CTR),$$

de mayor utilidad será la información, ya que cuando se use un ingrediente para mezclar un alimento balanceado, se estará incluyendo por la fracción energética utilizable y al formular, la energía de la dieta no arrastrará consigo las fracciones ineficientes ya mencionadas. Sin embargo, la medición de las fracciones energéticas solo puede hacerse directamente en el animal sin utilizar metodología complicada (en animales no rumiantes consumiendo dietas bajas en fibra) para la ED y la EM, cuya medición solo involucra la cuantificación del consumo y la excreción (fecal únicamente en el caso de ED y urinaria también en el caso de EM).

Si se quiere conocer la EN disponible de un alimento o la ER, debe determinarse aparte de la EM la producción de calor después de comer (incremento calórico) o la producción total de calor, según sea el caso, para lo cual es necesario utilizar una cámara calorimétrica o bien medir directamente la ER por medio de la técnica de sacrificio comparativo; la desventaja de estas dos últimas técnicas es, aparte de su complejidad, la gran variabilidad en los resultados obtenidos, lo que trae como consecuencia muy baja replicabilidad y por ende, muy pobre valor para utilizarlos como criterios en el balanceo de raciones, ya que al comparar las eficiencias alimenticias obtenidas al balancear con datos de EM contra balanceos con base en los datos de EN o ER, siempre son mejores aquellos que utilizan los datos de EM; la situación anterior se debe a que la partición de la EM:

$$EM = ER + PC$$

no es constante, ya que la magnitud de la producción total de calor corporal, depende de factores como línea genética, sexo, estado fisiológico, nivel de producción, las condiciones ambientales y el plano nutricional (Versteegen et al., 1973; Close y Mount, 1978; Sibbald y Morse, 1984), aparte de que los valores de incremento calórico (IC) de la ración varían dependiendo de la relación de nutrientes de la misma, encontrando que la suma de los valores de IC calculados por separado, para cada uno de los ingredientes de un alimento balanceado; es mayor que el IC debido al efecto aditivo de la mezcla de los ingredientes (Curtis, 1981)

De lo anterior se puede deducir que el cálculo de la energía biodisponible más allá de EM, aunque es lo deseable, implica una serie de variaciones que hacen que los valores determinados, solo sean válidos para los animales en los que se obtuvieron, ya que existen tantos factores por controlar que la replicabilidad de los datos, por ejemplo en una explotación a nivel comercial, no sería posible, lo que resultaría en una disminución en la eficiencia de utilización de alimentos.

Se ha propuesto el uso de ecuaciones de predicción para los valores de energía neta; incluyendo los datos necesarios para hacer la inferencia, como son valores de ED y/o EM, junto con determinaciones de la composición proximal y fracciones de fibra (Fernández et al., 1986). Sin embargo, los datos obtenidos presentan aun una variabilidad mayor a los de EM y de todas maneras se hace necesario el cálculo de este valor. Con respecto a los valores de ED y EM, estudios con aves, demostraron que cuando por alguna razón los consumos de alimento, son bajos, el aporte de las excreciones endógenas y metabólicas, provoca que se subestimen los valores de energía biodisponible (Guillaume y Summers, 1970), debido a que se presume que la mayor parte de la materia combustible, que aparece en heces o en orina proviene del alimento y en el caso de bajos consumos, el aporte de las células de descamación intestinales y los jugos y enzimas digestivas no reabsorbidos en el caso de las heces, aportan energía cuando se realiza la combustión de las mismas; al restar

este valor energético al del alimento se calcula entonces un valor menor con respecto al aporte real de ED del alimento.

El caso de la orina, es un poco más complicado, ya que la excreción de productos combustibles por esta vía depende en mucho de la calidad biológica de la proteína alimenticia y del estado fisiológico del animal.

También se subestima el aporte de EM en este caso del alimento, de aquí que se propuso medir la cantidad de energía excretada por animales en ayuno y sumarla a los valores de energía biodisponible del alimento, para obtener los valores denominados verdaderos de las energías (Sibbald, 1976): ED verdadera (EDV) y EM verdadera (EMV), conociéndose entonces los valores sin ajustar como ED aparente (EDA) y EM aparente (EMA). Sin embargo, también se determinó que los consumos a libertad o cercanos, minimizan el efecto de los aportes endógenos en las excretas (Farrell, 1978; Wolynetz y Sibbald, 1984), pudiendo obtener valores de EDA y EMA bastante representativos.

Por otro lado el cálculo de la energía de las excreciones endógenas puede implicar más error que el que se trata de evitar, ya que cuando se tiene un animal en ayuno, su organismo entra en un estado gluconeogénico, aumentando la tasa catabólica de sus tejidos con la finalidad de cubrir sus necesidades energéticas de mantenimiento, situación que provoca un aumento en la excreción de nitrógeno urinario, lo que ocasiona que los valores de EMA obtenidos en los animales consumiendo el ingrediente son sobreestimados; de aquí que se considere como el dato menos sesgado el determinar valores de energía aparentes en los animales experimentales.

Se acepta que los datos de energía biodisponible, obtenidos en animales en crecimiento, no pueden usarse en animales en mantenimiento o viceversa (por las diferencias en tasas de síntesis), por lo tanto, junto con el análisis de la energía bruta del alimento, heces y orina, se determina el porcentaje de nitrógeno a estas muestras con la finalidad de conocer el nitrógeno retenido y darle una equivalencia energética, la cual se suma a el valor de EMA previamente determinado, obteniendo así los valores de EMA corregida a retención cero de nitrógeno (EMAN). Estos valores tienen más versatilidad a aplicarse entre animales en diferente estado fisiológico (N.R.C., 1981; Wolynetz y Sibbald, 1984).

Existen varias equivalencias energéticas que se han propuesto para cuantificar energéticamente la excreción urinaria del nitrógeno en los cerdos, siendo la más adecuada la propuesta por Wu y Ewan (1979): 7.83 kcal por g de nitrógeno excretado. El valor de este dato radica en que fue obtenido a partir de datos experimentales y no por extrapolación.

Con respecto a la metodología para obtener los valores de energía biodisponible, usualmente se incluye el ingrediente en una dieta basal en un porcentaje determinado, obteniéndose

después los valores de EDA y/o EMA, tanto de la dieta control como de la dieta control más el ingrediente a evaluar y los valores de energía disponible se obtienen, ya sea aplicando una ecuación que relaciona las energías determinadas de las dietas evaluadas y el porcentaje de inclusión del ingrediente a evaluar (Yen et al., 1974) o bien aplicando una ecuación de regresión a estos datos, en ambos casos extrapolando como si se hubiera evaluado el ingrediente sin la dieta basal.

Dentro del criterio de utilizar el ingrediente en un porcentaje de inclusión, en una ración basal, en la literatura clásica, se recomienda un porcentaje fijo de inclusión para todo tipo de ingrediente. Sin embargo, la proporción en que se incluye un ingrediente a evaluar debe coincidir con los niveles que se utilizarían en la práctica, al formar parte de un alimento balanceado. Por ejemplo, si se utilizara harina de pescado para determinar su energía biodisponible, a un porcentaje de inclusión del 40 %, la pérdida urinaria de nitrógeno sería muy alta debido al exceso de proteína que consumiría el animal. Otro ejemplo lo constituye el hecho de incluir una grasa a evaluar, e.g., al 20 % de la ración, para empezar el animal experimentaría una disminución severa en el consumo de alimento, lo que repercutiría en la cantidad de nutrientes ingeridos, inclusive al tener una relación proteína energía muy baja, además de los efectos sobre la velocidad de paso de la ingesta.

En el caso de la melaza, su inclusión aparentemente aumenta la velocidad de paso de la ingesta (Pérez, 1968; Ly y Velázquez, 1970), encontrando que se incrementa el consumo de alimento en los cerdos, independientemente de la etapa de crecimiento. Por lo tanto, es lógico pensar que también los valores de digestibilidad de los diversos nutrientes y de energía biodisponible de la melaza disminuyan conforme se aumenta la concentración de este ingrediente en la dieta basal.

UTILIZACION DE LA PROTEINA DIETARIA POR EL CERDO Y SUS RELACIONES CON LA DE LA ENERGIA

La proteína ingerida es degradada en el tubo digestivo hasta sus componentes estructurales, los aminoácidos, los que, posteriormente son absorbidos y una vez en el cuerpo, pueden usarse para sintetizar la proteína corporal o desaminarse y las cadenas carbonadas ser utilizadas como fuente de energía, excretándose el nitrógeno en forma de urea (Shimada, 1987).

El papel de la proteína dietaria como energético, es secundario a su destino como constituyente de los tejidos corporales. Ya que no existen reservas corporales de proteína, por lo que este nutriente se encuentra en el organismo ejerciendo una función o se degrada (Krebs, 1972). De esta situación, se deriva el concepto de valor biológico de la proteína;

entendiéndose como la porción digestible de la proteína dietaria que permanece en el cuerpo (nitrógeno digerido - nitrógeno urinario / nitrógeno digerido; Mitchell, 1924; citado por Scott et al., 1982). El hecho de que una proteína presente menor o mayor valor biológico, depende de que su perfil (tipo y concentración) de aminoácidos sea lo más parecido al perfil de aminoácidos que presenta la proteína corporal del animal.

Existen varias formas de evaluar la calidad biológica de la proteína, como medir la ganancia de peso de los animales en crecimiento (Spindler y Wicker, 1984). La respuesta que presentan los organismos superiores ante niveles crecientes de adición de un nutriente, deficiente en la ración basal, es una curva explicada por una ecuación cuadrática caracterizada por una pendiente positiva, relativamente grande con respecto al intersección de la línea, seguida después del punto de inflexión de la curva, por una pendiente menor, inclusive de cero, o negativa de exceder notoriamente las demandas (caso típico de un imbalance de aminoácidos). Siendo evidente que al utilizar dietas purificadas o semipurificadas, se pueden obtener concentraciones bajas de nutrientes que permiten una respuesta clara, aun con un tamaño de muestra pequeño, mientras que, al trabajar con dietas de tipo práctico, no se puede balancear a concentraciones muy bajas del aminoácido limitante debido a que la proteína alimenticia presenta cierto perfil de aminoácidos, lo que, implica disminuir también la cantidad de proteína en la ración, ocasionando deficiencias de otros aminoácidos, por lo que, al trabajar a concentraciones del nutriente cerca del punto de inflexión de la dieta, la respuesta no es lo suficientemente sensible para detectarse con pequeños tamaños de muestra.

Existen otras formas de evaluar la utilización de la proteína, como medir la ganancia de peso en función de la proteína consumida (índice de eficiencia proteica). El índice de proteína neta, toma en cuenta además el peso perdido por animales alimentados con dietas libres de nitrógeno. Estos dos últimos métodos, involucran la utilización de dietas con caselna y están diseñados para utilizar como modelo experimental a la rata (Jansen et al., 1974; citados por Tejada, 1985).

Finalmente existe el método de balance de nitrógeno, en el cual se mide el consumo y la excreción del elemento, cuya retención es directamente proporcional al valor biológico de la proteína (Just, 1984). Considerándose esta última metodología, con una aceptable sensibilidad para evaluar la proteína dietaria en raciones de tipo práctico utilizando cerdos (Boorman, 1980; Pain y Clemens, 1980; citados por Mariscal, 1987).

En la actualidad la tecnología desarrollada en producción intensiva para alimentar cerdos se basa en la utilización de semillas de gramíneas: trigo, cebada, maíz o sorgo, como fuente energética, en combinación con pastas de oleaginosas, que aportan la mayor parte de la proteína (Baker y Speer, 1983). Es importante señalar que en este tipo de dietas se ha determinado a el aminoácido lisina como primer limitante para cerdos en las

fases de crecimiento y engorda (Baker *et al.*, 1975; Easter y Baker, 1980).

Para cubrir las necesidades de aminoácidos existen las siguientes posibilidades: a) aumentar la cantidad de proteína en la ración, b) la combinación de 2 o más fuentes proteicas para complementar sus perfiles de aminoácidos y c) suplementar directamente a la ración con aminoácidos sintéticos (Fernández y Cuarón, 1985). En el caso de tratar de cubrir las necesidades de aminoácidos aumentando la cantidad de proteína dietaria se pueden acrecentar las necesidades de un aminoácido al suplementar otro en exceso, provocando imbalances, de los cuales son clásicos los antagonismos entre lisina y arginina, leucina con isoleucina y valina (Harper *et al.* 1970), treonina con triptofano (D'Mello y Lewis, 1970) y metionina con treonina (Girard-Globa *et al.*, 1972; Katz y Baker, 1975).

En el caso de cerdos como lisina es el aminoácido primer limitante al utilizar dietas cereal-pasta de soya, las dietas formuladas a cubrir los requerimientos de este aminoácido, pueden contener excesos de arginina, leucina, histidina, fenilalanina y tirosina (Edmonds y Baker, 1987).

Investigaciones con cerdos jóvenes han demostrado que un gran exceso de arginina no provocó en estos animales una respuesta clásica de antagonismo con lisina, sino más bien resultó en un imbalance, en donde ganancia de peso y consumo de alimento decrecen, pero no se altera la eficiencia alimenticia y lo más importante, consistió en que los excesos tanto de arginina como lisina no respondieron en este caso a la adición de lisina o arginina (Southern y Baker, 1982; Hagemeyer *et al.*, 1983; Anderson *et al.*, 1984 a,b), situación que se cumple cuando se trata de un verdadero caso de antagonismo de aminoácidos (Harper *et al.*, 1970).

En el caso de cerdos, los excesos de metionina hasta un 4 % de la dieta provocaron un aumento en la concentración sérica de treonina (Edmonds y Baker, 1987), respuesta contraria a lo observado en ratas (Girard-Globa *et al.* 1972) y en pollos (Katz y Baker 1975). La opción ya mencionada; de combinar 2 ó más fuentes proteicas, ocasiona también, aunque en menor grado, los problemas de excesos y desbalances de aminoácidos ya mencionados (Avila, 1980).

La alternativa de suplementar los aminoácidos en forma cristalina abre la posibilidad de disminuir la cantidad de proteína dietaria, siempre y cuando se haga un ajuste con el aminoácido primer limitante, encontrando que al utilizar dietas maíz-pasta de soya es factible reducir en dos unidades porcentuales la concentración de proteína de la dieta y disminuir la concentración de lisina en 0.02 % por cada uno por ciento menos de proteína (Baker *et al.* 1975; Easter y Baker, 1980 y Kerr *et al.*, 1983). Así, en dietas sorgo-pasta de soya, utilizando alimentación restringida (85 % del consumo máximo) se puede reducir la proteína en dos unidades porcentuales y disminuir la

lisina en 0.04 % por unidad porcentual de proteína disminuida (Mariscal, 1987), esto quizá porque los excesos fueron aun más limitados, sin que se haya incurrido en una deficiencia de otro aminoácido.

Con las dietas clásicas a base de cereal-pasta de oleaginosa, aparentemente ya se llegó al límite biológico para compensar la disminución en la concentración proteica, al ajustar con el aminoácido primer limitante, ya que, al reducir la concentración proteica en 4 unidades porcentuales en cerdos de 20-40 Kg de peso (de 16 a 12 %), se tuvo que ajustar la proteína aparte de lisina con treonina y triptofano (Corley y Easter, 1983; Russell et al., 1983 y 1986) y al disminuirla en 5 unidades %, se encontró respuesta a valina (Russelet al., 1987). No obstante, esta situación no ha sido contemplada cuando se utiliza melaza en altas concentraciones en las raciones para cerdos, ya que, si se presenta un aumento en el consumo de alimento al utilizar este ingrediente en la formulación de las dietas, se puede pensar en cubrir los requerimientos en g por día de estos nutrientes aun diluyendo más su concentración en la ración.

El requerimiento de proteína dietaria para cerdos en crecimiento puede disminuir si se incrementa el consumo de alimento (Campbell y King, 1982; Campbell et al., 1984) y la tasa máxima de deposición de nitrógeno esta en función del consumo de proteína, sugiriendose por lo tanto que la concentración de proteína dietaria puede ser reducida si el nivel de consumo se incrementa.

Sin embargo, el depósito de proteína corporal no es dependiente unicamente del consumo de proteína, ya que la tasa de deposición proteica es también un función del consumo de energía, (Campbell et al., 1984; 1985), por lo tanto, a causa de la alteración de los niveles de energía ante la inclusión de melaza, surge la inquietud de encontrar la concentración adecuada de proteína, considerando la alteración en el consumo y sin descuidar el factor calidad en el aporte y/o balance de los aminoácidos.

CAPITULO III

UTILIZACION DE LA PROTEINA DIETARIA POR EL CERDO AL CONSUMIR DIETAS CON ALTO PORCENTAJE DE INCLUSION DE MELAZA

INTRODUCCION

La fabricación de alimentos balanceados para cerdos, incluye normalmente concentraciones entre el 4 y 5 % de melaza en la ración (Lozano y Villagómez, 1986; Loeza et al., 1987), para dar una mejor textura a la dieta.

La utilización de niveles más altos de melaza en alimentos para cerdos, ha sido revisada en varios trabajos. Los resultados obtenidos con respecto al nivel máximo de inclusión, sin afectar la ganancia de peso, son variables, recomendando algunos autores niveles del 30 % en la ración (Blanco et al., 1964), aún cuando se aumente el consumo de alimento, resultando en una menor eficiencia alimenticia (Bravo y Cabello; 1968).

Se ha observado que dietas con 40 % de melaza, al ser complementadas con aceite, para alcanzar el nivel de concentración energética que se obtiene al utilizar grano, resultan en una ganancia de peso, un consumo de alimento y una eficiencia alimenticia similares a los que se obtienen con base en formulación exclusivamente con grano y oleaginosas (Soriano, 1982).

En general, se sabe que al formular dietas con alto porcentaje de inclusión de melaza, estas poseen una concentración energética menor que las dietas con base en grano y que esta situación debe reflejarse en un aumento en el consumo de alimento (N.R.C., 1981). Sin embargo, Robles et al. (1974) trabajando en condiciones tropicales, informaron que, al utilizar dietas con alto contenido de melaza para cerdos, no se observó un aumento significativo en esta variable de respuesta.

El comportamiento animal ante la situación de aportar calidad más que cantidad de proteína, reduciendo la concentración de este nutriente, en el caso de las dietas a base de cereal-pasta de soya con el aminoácido sintético lisina, puede no funcionar, o ser distintos los resultados, al utilizar altas concentraciones de melaza en la dieta, debido a que la inclusión de este ingrediente provoca un aporte energético menor, ocasionando un aumento en el consumo de alimento, lo que puede redituar en un consumo excesivo de algunos aminoácidos provocando desbalances en el metabolismo. Además, por la pobreza en el contenido proteico de la melaza, se exigirá una mayor concentración del

suplemento proteico lo que puede resultar en una alteración de la calidad de la proteína dietaria.

De lo anterior surgen las siguientes hipótesis:

HIPOTESIS

- A) Existe un aumento en el consumo de alimento, para compensar el bajo aporte energético, al utilizar melaza en altas concentraciones en raciones para cerdos en crecimiento.
- B) Si los animales aumentan el consumo de alimento al recibir dietas con alta concentración de melaza pueden cubrir sus requerimientos en g/día de proteína y lisina (como primer aminoácido limitante), aun utilizando bajos niveles de inclusión de estos nutrientes.
- C) El metabolismo nitrogenado se comporta de diferente manera al utilizar dos sustratos energéticos diferentes en la ración, como es el caso de utilizar grano o melaza en la dieta.

Por lo tanto los objetivos de el presente capítulo son:

OBJETIVOS

1. Determinar si existe un aumento en el consumo al alimentar cerdos con niveles altos de melaza, sin hacer ningún ajuste energético en la ración.
2. Determinar cuales son los niveles máximos de dilución, de proteína y lisina en la ración, ante los cuales el cerdo alcance a cubrir sus requerimientos al utilizar dietas con alto porcentaje de melaza.
3. Evaluar la utilización del nitrógeno dietario, ante diferentes relaciones proteína-lisina-energía, en dietas con y sin melaza.

MATERIAL Y METODOS

Todos los experimentos a continuación descritos, se realizaron en las instalaciones del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria-Fisiología, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, SARH. Localizado en el km 1.5 de la carretera a Colón, municipio de Colón, estado de Querétaro a 1950 m sobre el nivel del mar; con clima semiseco templado, con lluvias en verano y una precipitación pluvial anual de 500 a 600 mm y temperatura media anual de 16 C (Soria et al., 1987).

Se realizaron cuatro experimentos con un total de 174 cerdos, producto de cruzamientos alternos Landrace-Duroc, provenientes de camadas destetadas a los 23 días promedio, libres de cólera porcino y desparasitados al inicio del trabajo. Los experimentos consistieron en 3 pruebas de comportamiento y un balance de nitrógeno. Todos los trabajos se llevaron a cabo con ingredientes a los cuales previamente se les determinó la concentración de aminoácidos, por medio de la técnica de cromatografía de intercambio iónico *. Analizándose también, el porcentaje de proteína cruda por el método de Kjeldahl, modificado por Tejada (1985), estimándose todos los demás nutrientes a partir de cuadros de composición de ingredientes.

Con respecto a la melaza, se tomó en cuenta que de el nitrógeno que aporta, solo el 40-50 % es proteína verdadera, conformada principalmente por ácidos aspártico y glutámico (Spencer, 1967; citado por Soriano, 1982).

La certeza en cuanto a la concentración final de aminoácidos en las dietas, se basó en la determinación del nitrógeno por el método de Kjeldahl a las mismas.

La formulación de las dietas se realizó, mediante programación lineal a costo mínimo; restringiendo, el planteamiento de la ración, a cubrir las necesidades de calcio, fósforo, vitaminas y minerales traza, según el peso de los animales en cada experimento. En el caso de las dietas sin la inclusión de melaza, se fijó la energía a 3.2 Mcal de energía metabolizable aparente (EMA) y en el caso de las dietas con melaza se fijó a 2.8 Mcal de EMA mínimo, para los animales de mayor peso y 2.95 Mcal de EMA para los animales entre 18 y 35 kg de peso.

Se mezclaba la cantidad de dieta necesaria para durar no más de 7 días, en caso de que después de este periodo quedara alimento, ya no se proporcionaba a los animales del experimento, lo anterior para evitar problemas de indisponibilidad de lisina, ya que las dietas con alta concentración de azúcares reductores son susceptibles de sufrir reacciones de Maillard (Ashoor y Zent, 1984; Smith y Friedman, 1984) entre los grupos amino libres de la lisina y los azúcares reductores de la melaza.

* A solicitud de Fermentaciones Mexicanas, S.A. de C.V.: Kyowa Hakko Kogyo Co., Ltd., Chiyoda-ku, Tokio, Japon.

En las pruebas de comportamiento, los cerdos se alojaron en corrales con piso y paredes de cemento, bebederos de taza automáticos (corrales colectivos) o de chupón (corrales individuales) y comederos de tolva con base también de cemento.

Los animales se pesaron inicialmente y con una frecuencia de 14 días. Después del pesaje inicial se ofreció una cantidad de dieta por corral (6 kg en colectivo o 1 kg en individual) y 24 Hrs. después se revisaron los comederos, en caso de observar rechazo no se agregó más alimento, pero si el comedero amanecía vacío, se ofreció la cantidad original más una cantidad (entre 0.5 y 2.5 kg en colectivo o entre 0.1 a 0.5 en individual) dependiendo de si se observaron los animales muy hambrientos o no. Las cantidades ofrecidas cada día se iban anotando y cada 7 días se recogió el rechazo de los comederos cuando fue necesario y se pesó, restandose este dato a la cantidad de alimento ofrecido.

En estos trabajos, el tratamiento asignado a la unidad experimental se mantuvo hasta que finalizaron estos, solamente se hizo ajuste de la concentración de nutrientes cuando los animales cambiaban de etapa de engorda (eg., 20 a 35, 35 a 60 y 60 a 100 kg), pero los criterios de tratamiento permanecieron constantes. En los cuatro experimentos se aplicó el análisis de varianza, para el modelo correspondiente, en caso necesario se fraccionaron las sumas de cuadrados de los efectos principales para saber que comportamiento (lineal, cuadrático, etc.) explicó mejor la respuesta de los animales a los tratamientos que les fueron asignados (Anderson y McLean, 1974).

Las variables de respuesta analizadas fueron; ganancia de peso (g/día/cerdo), consumo de alimento (kg/día/cerdo), eficiencia alimenticia (ganancia de peso/consumo de alimento), eficiencia de utilización de lisina (ganancia de peso/consumo de lisina) y el grosor de la grasa dorsal (Berruecos, 1972), esta última variable solo se evaluó para los animales al finalizar el tercer experimento.

EXPERIMENTO 1. Se usaron 60 cerdos; 40 hembras y 20 machos castrados, de 41.08 ± 4.89 Kg de peso inicial, bajo un diseño completamente al azar en arreglo factorial, consistiendo los tratamientos en: 2 niveles de de proteína (concentración recomendada por el N.R.C., 1979 vs. dos unidades porcentuales menos, ajustando la concentración de lisina (al reducirla en 0.02 unidades % por tanto de proteína disminuida), por 2 niveles de inclusión de melaza en la ración (2 vs. 30 %). La unidad experimental fue el corral con 2 hembras y un macho, teniendo un total de 4 tratamientos con 5 repeticiones por tratamiento. Las 4 dietas se formularon para cubrir o exceder los requerimientos, como porcentaje de la dieta (N.R.C., 1979), de calcio, fósforo, minerales traza y vitaminas de los animales. En cuanto a las concentraciones de proteína y lisina estas fueron: etapa de 41 a 60 kg; 14 y 0.61 % de proteína y lisina respectivamente y 12 y 0.57 % de los mismos nutrientes. En la etapa de 60 a 100 kg: 13 y 0.57 y 11 y .49 % de proteína cruda y lisina respectivamente (cuadro 1).

EXPERIMENTO 2. Se usaron 48 cerdos (24 hembras y 24 machos castrados) de 18.29 ± 4.0 kg de peso inicial; aleatorizados a 16 tratamientos con 3 repeticiones, siendo la unidad experimental el cerdo alojado en corral individual, con un diseño completamente al azar en arreglo factorial, siendo los tratamientos; 2 niveles de suplementación de melaza (inclusión vs. no inclusión), por 4 niveles de inclusión de lisina en la ración (-0.08 %, -0.04%, porcentaje recomendado por el N.R.C., 1979 y +0.04 %), por sexo. Debido a que el trabajo se continuo hasta que los animales alcanzaron los 60 kg de peso, la composición de las dietas se ajusto por fase de crecimiento; alcanzando un nivel máximo de inclusión de melaza de 19.55 %, para la etapa de 18 a 35 kg, mientras que en la etapa de 35 a 60 Kg se pudo incluir hasta el 30 %.

El factor proteína en este experimento se utilizó fijo: 2 unidades porcentuales menos de lo que se señala como el requerimiento, según la etapa del crecimiento, para todas las dietas, ya que se quiso evaluar la respuesta ante la suplementación a concentraciones crecientes de lisina en la ración, utilizando las recomendaciones en cuanto a suplementación proteína/lisina en dietas maíz-pasta de soya, postuladas por Easter y Baker (1980) y Kerr *et al.* (1983).

A las dietas basales (con melaza y sin melaza) formuladas como en el experimento 1, para cada etapa de crecimiento (cuadro 2), se adicionaron 3 niveles de L-lisina-HCl (0.051, 0.102 y 0.153 %) a expensas del sorgo, para obtener los 4 niveles de lisina requeridos en el trabajo.

CUADRO I

COMPOSICION DE LAS RACIONES DEL EXPERIMENTO I

FASE DE CRECIMIENTO kg	41 - 60				60 - 100			
	1		2		1		2	
NIVEL DE MELAZA %	1	2	30	30	2	30	30	30
PROT. %/LYS.%	14/0.61	12/0.57	14/0.61	12/0.57	13/0.57	11/0.49	13/0.57	11/0.49
INGREDIENTES %								
SORGO	81.000	85.570	49.730	54.230	83.380	88.100	51.710	56.450
PASTA DE SOYA	15.010	10.110	18.880	13.990	12.310	7.380	16.470	11.620
MELAZA	2.000	2.000	30.000	30.000	2.000	2.000	30.000	30.000
L-LYS-HCl	0.013	0.140	—	0.064	0.056	0.132	—	0.050
ORTOFOSFATO	0.715	0.813	0.941	1.040	1.030	1.120	1.270	1.370
CARBONATO DE Ca	0.815	0.920	—	0.230	0.774	0.820	0.100	0.060
VITAMINAS a	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
MINERALES b	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350

Composición de las dietas (% o Mcal/kg).

PROTEINA	13.62	11.93	14.28	11.80	12.87	10.97	13.04	11.18
EMe	3.08	3.09	2.86	2.86	3.10	3.10	2.85	2.85
Ca	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
P	0.50	0.50	0.50	0.50	0.45	0.45	0.45	0.45
Lys	0.61	0.57	0.61	0.57	0.57	0.49	0.57	0.49

a Aporte por kg de premezcla: Vit. A; 3'300,000 U.I., Vit. D-3; 330,000 U.I., Vit. E 22,000 U.I., Vit B-2; 1,100 mg, Niacina; 27,000 mg, Pantotenato de calcio; 6,516 mg y Cloruro de Colina; 115,000 mg.

b Aporte por kg de premezcla: Mn; 5,710 g/kg, Mg; 2,700 g/kg, Zn; 28,500 g/kg, Fe; 25,500 g/kg, Cu; 2,200 g/kg, I; 0.100 g/kg, Co; 0.215 g/kg, Se; 0.250 g/kg, K; 0.083 g/kg y NaCl; 715,000 g/kg.

CUADRO 2

DIETAS BASALES DEL EXPERIMENTO 2 *

	ETAPA DE CRECIMIENTO kg			
	18 A 35		35 A 60	
NIVEL DE MELAZA %	19.55	0.00	30.00	0.00
INGREDIENTES %				
SORGO	62.460	85.090	55.520	89.520
PASTA DE SOYA	15.760	12.480	12.560	7.900
MELAZA	19.550	---	30.000	---
L-LYS-HCl	---	0.060	0.040	0.136
ORTOFOSFATO	1.450	0.950	1.350	1.114
CARBONATO DE Ca	0.230	0.870	0.080	0.881
VITAMINAS ^a	0.100	0.100	0.100	0.100
MINERALES ^a	0.350	0.350	0.350	0.350
Composición de las dietas (% o Mcal/kg).				
PROTEINA	13.83	13.94	11.85	11.96
EMAE	2.90	3.10	2.85	3.10
Ca	0.60	0.60	0.60	0.60
P	0.50	0.50	0.50	0.50
LYS	0.62	0.62	0.53	0.53

* La adición de L-Lisina-HCl (0.051, 0.102 y 0.153 %), se hizo a expensas del sorgo, para a partir de estas dietas basales, obtener las raciones con las concentraciones del aminoácido requeridas.

^a El aporte de las premezclas de vitaminas y minerales - traza, se describe en el cuadro 1.

EXPERIMENTO 3. Se usaron 48 animales (24 hembras y 24 machos castrados) de 36.49 ± 5.64 kg de peso inicial, bajo un diseño totalmente al azar en arreglo factorial, consistiendo los tratamientos de: 2 niveles de proteína (-2 y -4 % de lo recomendado por el N.R.C., 1979), por 3 niveles de lisina en la ración (-0.04, -0.08 y -0.12 % de lo recomendado por el N.R.C., 1979), por sexo. En este caso, el factor melaza se manejó fijo al 30 % en todas las dietas, ya que en esta ocasión interesó evaluar el comportamiento por la capacidad de compensar por consumo la dilución de nutrientes. La unidad experimental fue el cerdo alojado en corral individual, teniendo un total de 12 tratamientos con 4 repeticiones.

Se formularon dos dietas basales con 30 % de melaza a cubrir los requerimientos de calcio, fósforo, vitaminas y minerales; una con 2 y otra con 4 unidades porcentuales menos de proteína con respecto a lo recomendado por el N.R.C. (1979), para cada una de las etapas de crecimiento que se analizaron en este trabajo (35 a 60 Kg 14 % y 60 a 100 Kg 13 %). A partir de la concentración de lisina en las dietas basales (0.49 %, 35 a 60 kg y 0.45 %, 60 a 100 Kg), se adicionaron dos niveles de L-lisina-HCl (0.051 y 0.102 %), a expensas del sorgo, para obtener los 3 niveles de lisina requeridos en el trabajo (cuadro 3). En este experimento, se hizo necesario incluir una fuente de proteína deficiente en lisina para obtener las concentraciones del aminoácido y proteína requeridas. Y se utilizó pasta de girasol tamizada, además de la pasta de soya, ya que el balance de aminoácidos de este ingrediente es deficiente en lisina. con respecto a las demandas nutricionales de los animales no rumiantes (Avila, 1980).

CUADRO 3

DIETAS BASALES DEL EXPERIMENTO 3*

	ETAPA DE CRECIMIENTO kg			
	30 A 60		60 A 100	
CONCENTRACION DE PROTEINA %	12.0	10.0	11.0	9.0
INGREDIENTES %				
SORGO	52.49	57.18	55.25	59.91
PASTA DE SOYA	6.74	1.49	5.30	0.05
P. DE GIRASOL	8.64	8.94	7.09	7.38
MELAZA	30.00	30.00	30.00	30.00
L-LISINA-HCl	0.08	0.27	0.10	0.29
ORTOFOSFATO	1.50	1.60	1.81	1.92
CARBONATO DE Ca	0.10	0.07	----	----
VITAMINAS _a	0.10	0.10	0.10	0.10
MINERALES _a	0.35	0.35	0.35	0.35

Composición de las dietas experimentales (% o Mcal/kg).

Proteína	12.30	9.80	11.04	8.93
EMAc	2.80	2.80	2.80	2.80
Ca	0.70	0.70	0.70	0.70
P	0.50	0.50	0.50	0.50
Lys	0.49	0.49	0.45	0.45

* La adición de L-Lys-HCl (0.051 y 0.102), se hizo a expensas del sorgo, para a partir de estas dietas basales, obtener las raciones con las concentraciones del aminoácido requeridas.

_a El aporte de las premezclas de vitaminas y minerales traza, se describe en el cuadro uno.

Experimento 4. Se utilizaron 18 cerdos machos castrados de 50.0 ± 4.2 Kg de peso inicial, bajo un diseño de bloques al azar en arreglo factorial, siendo el criterio de bloqueo; la entrada de los animales a las jaulas metabólicas. Los tratamientos consistieron en: 2 niveles de melaza (0 y 30 %) en la ración, por 3 relaciones lisina-proteína-energía metabolizable aparente estimada (Lys-Pc-EMAE). La concentración de proteína expresada en g por Mcal de EMAe fue: 35.71, 42.86 y 50.0, quedando los porcentajes de Pc en las dietas con melaza (2.8 Mcal de EMAe): 10.0, 12.0 y 14.0 % y en las dietas sin melaza (3.2 Mcal de EMAe): 11.4, 13.7 y 16.0 %. La concentración de Lys expresada como porcentaje de la Pc fue: 4.48, 4.42 y 4.36 % , obteniendo las siguientes concentraciones de Lys, para las dietas con melaza: 0.448, 0.530 y 0.610 % y para las dietas sin melaza: 0.511, 0.606 y 0.698 % (cuadro 4). El hecho de mantener la misma concentración de proteína y lisina, independientemente del aporte energético, fue para evitar el efecto del consumo compensatorio de alimento.

Los cerdos se azarizaron a los tratamiento y se alojaron por un periodo de 7 días en jaulas individuales con bebederos de chupón y comederos de tolva, en donde se les suministró el alimento 2 veces al día (9 y 17 Hrs.), 40 minutos cada vez, retirando el alimento no consumido en el tiempo provisto. Esto se hizo, para adaptar a los animales al confinamiento, horario de alimentación y tipo de dieta; posteriormente se subieron a las jaulas metabólicas, estas provistas con piso de rejilla de acero y bajo esta, un bastidor corredizo de ángulo con tela de alambre (para la separación de las heces) y finalmente, bajo el bastidor, una charola, también corrediza de fibra de vidrio que por pendientes condujo la orina a una cubeta.

Los comederos, desmontables de fibra de vidrio lisa, sirvieron también para ofrecer el agua, controlar su consumo y evitar desperdicios que contaminaran la muestra de orina, revisando que los comederos no estuvieran secos durante el día.

Previo al periodo de colección, los animales permanecieron, en las jaulas metabólicas; durante 5 días más para proceder a la colección por 6 días. Tanto en las jaulas metabólicas como en las de adaptación, se midió el consumo voluntario de alimento para ajustar la cantidad de este a ofrecer durante el periodo de colección a una cantidad equivalente al 90 % del consumo máximo observado por día (expresado este como porcentaje del peso corporal) del animal que consumió menos durante ese periodo (se trataron independientemente los alimentados con melaza de aquellos consumiendo las dietas sin melaza).

El día 5 del periodo de estancia en las jaulas metabólicas, se ofreció a los animales el alimento de la mañana marcado con Fe^{203} (óxido férrico), al 1 % de la ración, para realizar la colección de las heces provenientes del alimento.

A partir de que las heces aparecieron de color rojo, se colectaron totalmente, para mezclarse y pesarse diariamente.

Posteriormente se tomaron dos muestras por animal y se procedió a determinar el porcentaje de materia seca, poniendo las muestras en una estufa de aire forzado a 100 C durante 18 Hrs., según recomendaciones de Tejada (1985), una vez seca la muestra se molió y se guardó para, al final del periodo de colección, mezclar todas las muestras, tomar una representativa y determinar el porcentaje de nitrógeno en base seca por el método de Kjeldahl (Tejada, 1985).

El día 10 del periodo de colección se volvió a proporcionar el alimento de la mañana adicionado con Fe₂O₃, para marcar el final del periodo. La orina se muestreó diariamente a la misma hora de las cubetas de colección, que contenían 40 ml de HCl 6 N, se midió el volumen excretado y se tomó una alícuota equivalente al 10 % del volumen y se congeló. Lo anterior se realizó durante 5 días y al final se descongelaron las muestras, se mezclaron y se tomó una alícuota de 3 ml para determinar también el porcentaje de nitrógeno por el método de Kjeldahl (Tejada, 1985). El alimento se muestreó regularmente y también se le determinó el porcentaje de nitrógeno.

La colección y manejo de las muestras, durante el balance de nitrógeno se basó en lo recomendado por Diggs *et al.* (1965). La duración de los periodos de adaptación y colección, fueron determinados con base en las observaciones de Den Hartog *et al.* (1987).

Las variables de respuesta a analizar fueron; nitrógeno consumido (g/día), nitrógeno excretado en heces (g/día), nitrógeno digerido (g/día y como porcentaje del consumo), nitrógeno excretado en orina (g/día) y nitrógeno retenido (g/día y como porcentaje del consumido y del digerido).

CUADRO 4

RELACIONES LISINA-PROTEINA-ENERGIA Y COMPOSICION
DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES DEL EXPERIMENTO 4

	INCLUSION DE MELAZA %					
	30.00			0.00		
PROT. g/ Mcal EMAe	35.72	42.86	50.00	35.72	42.86	50.00
LYS % de PROTEINA	4.48	4.42	4.36	4.48	4.42	4.36
PROTEINA %	10.00	12.00	14.00	11.40	13.70	16.00
INGREDIENTES % :						
SORGO	57.24	52.46	47.67	85.38	79.16	73.67
PASTA DE SOYA	0.10	5.93	11.57	---	5.38	12.12
PASTA DE GIRASOL	10.54	9.67	8.80	9.01	10.02	8.96
ACEITE VEGETAL	---	---	---	3.00	3.00	3.00
L-LYS-HCl ORTO-	0.24	0.15	0.05	0.26	0.18	0.07
FOSFATO CARBONATO	1.24	1.15	1.07	1.03	0.94	0.84
DE Ca	0.19	0.20	0.22	0.87	0.87	0.87
VITAMINAS _a	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
MINERALES _a	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Composición de las dietas experimentales (% o Mcal/kg).						
PROTEINA	10.77	12.10	14.52	11.35	13.27	16.04
EMAe	2.80	2.80	2.80	3.20	3.20	3.20
Ca	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
p	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
LYS	0.45	0.53	0.61	0.51	0.61	0.70

_a El aporte de las premezclas de vitaminas y minerales traza, se describe en el cuadro 1.

RESULTADOS

Experimento 1. La formulación de dietas con niveles más altos de melaza, provocó mayores ($P < 0.005$) consumos de alimento (kg/cerdo/día); en las dos fases de crecimiento analizadas (cuadros 5 y 6), reflejándose esta situación en el análisis global de los datos (cuadro 7).

Se observó que en la etapa de 41 a 60 kg de peso, los animales consumiendo las dietas más pobres en proteína y lisina (Pc/Lys), ganaron menos peso: 14 y 0.61%, 675 \underline{vs} 12 y 0.57%, 612 g/cerdo/día, sin detectarse efectos adjudicables a la concentración de melaza dietaria (cuadro 5). Para esta variable, en este rango de peso corporal. Es interesante que, con cerdos de 60 a 100 kg, los animales ganaron peso al mismo ritmo, independientemente de las concentraciones de melaza y Pc/Lys (cuadro 6). Sin embargo, esta última respuesta ante las concentraciones de Pc/Lys, no fue suficiente para compensar la deficiencia observada en los animales a menor peso, encontrando, en el análisis global de la engorda, que la presencia de niveles más altos de proteína y lisina, resultó en alrededor de 50 g más ganados por cerdo por día en la etapa más temprana, hasta el peso final (cuadro 7).

Al analizar con detenimiento los resultados en el cuadro 5 es aparente que las diferencias son en gran medida explicadas por la mejor respuesta numérica de los cerdos alimentados con el nivel bajo de melaza (2%) y con proteína y lisina para satisfacer las recomendaciones del N.R.C. (1979). Esto resulta evidente en la eficiencia alimenticia, que respondió a los dos factores: melaza ($P < 0.01$): 2%, 259 \underline{vs} 30%, 228 g de ganancia/kg de consumo y Pc/Lys ($P < 0.03$): 14 y 0.61%, 256 \underline{vs} 12 y 0.57%, 231 g/kg (cuadro 5) y a pesar de que, en el cuadro 6, solo se observó efecto detrimental para la eficiencia alimenticia, ante la inclusión de melaza al 30% ($P < 0.09$ 230 \underline{vs} 199 g/kg). En el análisis global de la engorda, prevaleció la respuesta detectada en la primera etapa, para esta variable de respuesta: melaza ($P < 0.01$): 2%, 237 \underline{vs} 30%, 207 g/kg y Pc/Lys ($P < 0.04$): alto, 233 \underline{vs} bajo, 211 g/kg (cuadro 7). Esto evidencia que la concentración de melaza ocasionó alteraciones en el consumo diario de alimento, en decremento de la eficiencia alimenticia, quitando dependencia al animal del consumo de altas concentraciones de nutrientes esenciales (eg., lisina), siendo más marcado este efecto a mayor peso corporal de los animales.

Se incluyó también una estimación de la ganancia de peso en función del consumo de lisina, que resultó en una interacción ($P < 0.03$), entre los factores nivel de melaza y Pc/Lys (cuadro 5). Este resultado confirmó las observaciones de experimentos anteriores (Blanco et al., 1964; Bravo y Cabello, 1968), esto es, la respuesta del animal dependió en gran medida del consumo de lisina en las dietas con el menor contenido de melaza (ie., la ganancia de peso estuvo en función del consumo de lisina),

CUADRO 5

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE CERDOS CONSUMIENDO DIETAS CON
2 NIVELES DE MELAZA, ALTAS Y BAJAS EN PROTEINA-LISINA
(41 A 60 kg), EXPERIMENTO 1.

Pc % / Lys %	NIVEL DE MELAZA %				EEM
	2		30		
	14/0.61	12/0.57	14/0.61	12/0.57	
CONSUMO DE ALIMENTO (kg/DIA/CERDO) a	2.47	2.53	2.85	2.76	0.058
GANANCIA DE PESO (g/DIA/CERDO) b	690	604	659	621	31.868
EFICIENCIA ALIMENTICIA (G.P. g/C.A. kg) c	280	238	232	224	10.373
GANANCIA DE PESO POR CONSUMO DE LYS d	45.83	41.74	35.08	39.31	1.758

a Efecto de melaza ($P < 0.005$ $2.5 \underline{vs}$ 2.81)

b Efecto de Pc-Lys ($P < 0.07$ $675 \underline{vs}$ 612)

c Efecto de melaza ($P < 0.01$ $259 \underline{vs}$ 228) y
de Pc-Lys ($P < 0.03$ $256 \underline{vs}$ 231)

d Ambos factores interactuaron ($P < 0.03$)

CUADRO 6

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE CERDOS CONSUMIENDO DIETAS CON
2 NIVELES DE MELAZA, ALTAS Y BAJAS EN PROTEINA-LISINA
(60 A 100 kg), EXPERIMENTO 1.

Pc % / Lys %	NIVEL DE MELAZA %				EEM
	2		30		
	13/0.57	11/0.49	13/0.57	11/0.49	
CONSUMO DE ALIMENTO (kg/DIA/CERDO) a	2.93	2.97	3.62	3.67	0.138
GANANCIA DE PESO (g/DIA/CERDO) b	714	622	726	721	33.176
EFICIENCIA ALIMENTICIA (G.P. g/C.A. kg) c	251	208	201	197	17.251
GANANCIA DE PESO POR CONSUMO DE LYS d	44.11	42.42	34.00	40.17	3.069

a Efecto de melaza ($P < 0.005$ $2.95 \underline{v}_s 3.65$)

b Ningun efecto significativo ($P > 0.10$)

c Efecto de melaza ($P < 0.09$ $230 \underline{v}_s 199$)

d Efecto de melaza ($P < 0.06$ $43.26 \underline{v}_s 37.09$)

CUADRO 7

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE CERDOS CONSUMIENDO DIETAS CON
2 NIVELES DE MELAZA, ALTAS Y BAJAS EN PROTEINA-LISINA
(41 A 100 kg), EXPERIMENTO 1.

Pc % / Lys %	NIVEL DE MELAZA %				EEM
	2		30		
	N.R.C.	BAJO	N.R.C.	BAJO	
CONSUMO DE ALIMENTO (kg/DIA/CERDO) a	2.78	2.79	3.32	3.34	0.104
GANANCIA DE PESO (g/DIA/CERDO) b	702	610	696	683	25.614
EFICIENCIA ALIMENTICIA (G.P. g/C.A. kg) c	256	218	210	204	9.866
GANANCIA DE PESO POR CONSUMO DE LYS d	43.74	42.00	34.17	39.72	1.682

a Efecto de melaza ($P < 0.005$ 2.78 \underline{vs} 3.33)

b Efecto de Pc-Lys ($P < 0.06$ 699 \underline{vs} 647)

c Efecto de melaza ($P < 0.01$ 237 \underline{vs} 207) y de Pc-Lys
($P < 0.04$ 233 \underline{vs} 211)

d Interacción significativa ($P < 0.04$)

pero cuando el nivel de melaza se elevó al 30 %, entonces el factor consumo de lisina resultó irrelevante.

Los resultados en el cuadro 6 fortalecen las observaciones anteriores con respecto a que a mayor peso corporal, las necesidades del animal disminuyen en cantidades relativas (concentración de nutrientes en la ración). No obstante al analizar los datos de la engorda global (cuadro 7), se observó que se mantuvo el comportamiento mostrado en la fase inicial de el presente trabajo, siendo evidente una vez más que la restricción en cuanto a las concentraciones de Pc/Lys, fue determinante, a pesar del comportamiento observado en la etapa final de este trabajo.

Experimento 2. Al igual que en el experimento anterior, la inclusión de melaza en la ración, ocasionó un aumento en el consumo de alimento, sin que en este caso, se detectara algún cambio en esta variable de respuesta atribuible a cualquiera de los otros factores o sus interacciones (cuadro 8).

Es interesante el hecho de que la ganancia de peso no fue alterada por la presencia de melaza en la ración (cuadro 9), confirmando las observaciones del trabajo anterior.

En la eficiencia alimenticia (cuadro 10), se encontró un empeoramiento conforme se disminuyó la concentración de lisina dietaria, pero solo de 18 a 35 kg, siendo explicado este comportamiento por la siguiente ecuación: $Y = 240.2 + 47.58 X \quad r = 0.64$.

De los 35 a 60 kg, se hizo patente la interacción concentración de lisina por nivel de melaza (cuadro 11), donde se mostró que, con 30 % de inclusión de melaza, la eficiencia fue igual conforme se aumentó la concentración de lisina en la ración, mientras que para las dietas sin melaza, se obtuvo la mejor respuesta ante la concentración del aminoácido recomendada por el N.R.C. (1979) para animales de este peso.

Al analizar los datos del cuadro 12, se encontró que el efecto lineal ($P < 0.01$) de lisina se mantuvo, siendo explicado por la ecuación: $Y = 244.7 + 310 X \quad r = 0.95$, repitiéndose la respuesta observada en el experimento anterior. Las deficiencias impuestas a pesos más ligeros se hacen manifiestas al realizar el análisis global de los datos.

La respuesta observada para la variable de ganancia de peso por consumo de lisina (g de ganancia/g de lisina consumida), fue afectada detrimentalmente por la concentración de melaza dietaria: 19.55 %, 36.0 \leq 0.0, 41.54 ($P < 0.02$), sin mostrar alteración atribuible a cualquiera de los otros efectos o interacciones, cuando el rango de peso los animales estuvo entre 18 a 35 kg.

Cuando los cerdos estuvieron más pesados, se detectó la interacción del nivel de melaza por la concentración de lisina (

CUADRO 8

**CONSUMO DE ALIMENTO (g/DIA/CERDO) EN CERDOS ASIGNADOS A DIETAS
CON Y SIN MELAZA, CON CUATRO CONCENTRACIONES DE LISINA,
BAJAS EN PROTEINA (18 A 60 kg), EXPERIMENTO 2.**

MELAZA %	CONCENTRACION DE LISINA %				\bar{X}
	-0.08	-0.04	N.R.C.	+0.04	
ALTO	2.30	2.25	2.31	2.23	2.27
NADA	2.18	2.18	1.98	1.97	2.08

 Efecto de melaza (P < 0.05) EEM = 0.067
 Ningún otro efecto o interacción significativos
 (P > 0.10) EEM = 0.190

CUADRO 9

GANACIA DE PESO (g/DIA/CERDO) EN CERDOS CONSUMIENDO DIETAS CON Y SIN MELAZA, CON CUATRO CONCENTRACIONES DE LISINA, BAJAS EN PROTEINA (18 A 60 kg), EXPERIMENTO 2.

MELAZA %	CONCENTRACION DE LISINA %			
	-0.08	-0.04	N.R.C.	+0.04
ALTO	490	494	551	518
NADA	479	535	547	533

Ningún efecto o interacción significativos (P > 0.10)
EEM = 48.522

CUADRO 10

EFICIENCIA ALIMENTICIA (g/kg/CERDO) EN CERDOS CONSUMIENDO DIETAS CON Y SIN MELAZA, CON CUATRO CONCENTRACIONES DE LISINA, BAJAS EN PROTEINA (18 A 35 kg), EXPERIMENTO 2.

MELAZA %	CONCENTRACION DE LISINA %				\bar{X}
	0.62	0.66	0.70	0.74	
19.55	240	240	243	254	244
0.00	247	251	302	336	284
\bar{X}	243	245	272	295	

Efecto principal de melaza ($P < 0.01$) EEM = 10.152

Efecto lineal de lisina ($P < 0.05$)

Ningún otro efecto o interacción significativos

($P > 0.10$) EEM = 28.713

CUADRO 11

EFICIENCIA ALIMENTICIA (g/kg/CERDO) EN CERDOS CONSUMIENDO DIETAS CON Y SIN MELAZA, CON CUATRO CONCENTRACIONES DE LISINA, BAJAS EN PROTEINA (35 A 60 kg), EXPERIMENTO 2.

MELAZA %	CONCENTRACION DE LISINA %				\bar{X}
	0.53	0.57	0.61	0.65	
30.00	198	202	211	220	208
0.00	202	244	272	235	238

 Efecto principal de melaza (P < .005) EEM = 4.865
 Interacción melaza por lisina (P < 0.02) EEM = 9.73

CUADRO 12

EFICIENCIA ALIMENTICIA (g/kg/CERDO) EN CERDOS CONSUMIENDO DIETAS CON Y SIN MELAZA, CON CUATRO CONCENTRACIONES DE LISINA, BAJAS EN PROTEINA (18 A 60 kg), EXPERIMENTO 2.

MELAZA %	CONCENTRACION DE LISINA %				\bar{x}
	-0.08	-0.04	N.R.C.	+0.04	
ALTO	214	220	223	234	222
NADA	221	247	281	271	255
\bar{x}	217	233	252	252	

Efecto de melaza (P < 0.005) EEM = 5.022
 Efecto lineal de lisina (P < 0.01)
 Ningún otro efecto o interacción
 significativos (P > 0.10) EEM = 14.203

CUADRO 13

GANANCIA DE PESO POR CONSUMO DE LISINA EN CERDOS ASIGNADOS A DIETAS CON Y SIN MELAZA, CON 4 CONCENTRACIONES DE LISINA, BAJAS EN PROTEINA; DURANTE 2 ETAPAS DE CRECIMIENTO

INTERACCION MELAZA POR LISINA (35 A 60 kg)
EXPERIMENTO 2.

MELAZA %	CONCENTRACION DE LISINA %				\bar{X}
-----	-----	-----	-----	-----	-----
	0.53	0.57	0.61	0.65	
30.00	37.32	35.39	34.55	33.87	35.28
0.0	38.08	42.75	44.74	36.19	40.44
-----	-----	-----	-----	-----	-----

Efecto principal de melaza ($P < 0.005$) EEM = 0.835
Ningún otro efecto o interacción significativos
($P > 0.10$) EEM = 2.360

CUADRO 14

GANACIA DE PESO POR CONSUMO DE LISINA EN CERDOS ASIGNADOS A DIETAS CON Y SIN MELAZA, CON CUATRO CONCENTRACIONES DE LISINA, BAJAS EN PROTEINA (18 A 60 kg), EXPERIMENTO 2.

MELAZA %	CONCENTRACION DE LISINA %				\bar{x}
-----	-----	-----	-----	-----	-----
	-0.08	-0.04	N.R.C.	+0.04	
ALTO	37.76	36.17	34.51	34.09	35.63
NADA	38.90	40.64	43.51	39.70	40.69

 Efecto de melaza (P < 0.005) EEM = 0.858
 Ningún otro efecto o interacción significativos
 (P > 0.10) EEM = 2.427

cuadro 13) con 30 % de melaza en la ración los animales fueron menos eficientes para ganar peso en función del consumo del aminoácido, siendo que la ganancia de peso no fue afectada, mientras que el consumo del nutriente fue mayor debido a su mayor concentración en la ración. En el caso de los cerdos alimentados con sorgo (sin melaza), la respuesta se maximizó al cubrir el requerimiento (N.R.C., 1979).

El análisis global de los datos, solo mostró el efecto ya mencionado de melaza: alta concentración; 35.63 vs 40.69 g/kg (cuadro 14), confirmando el hecho de que la restricción de nutrientes, en este caso proteína y lisina, en las etapas de peso más ligera de los animales es determinante para su comportamiento productivo.

De lo anterior se planteó un tercer experimento para evaluar la respuesta de los cerdos, en presencia de concentraciones de proteína y lisina a niveles aun menores de los ya estudiados.

Experimento 3. Al balancear las raciones con 30 % de inclusión de melaza, a concentraciones de proteína menores a las recomendadas por el N.R.C. (1979), se encontró significativa la interacción proteína por lisina ($P < 0.02$ cuadro 15) en los animales entre 36 a 60 kg de peso. El consumo máximo de alimento se alcanzó al segundo nivel de inclusión de lisina en dietas con 12 % PC (0.53 %), mientras que con el 10 % PC la respuesta no se detectó. Siendo también significativa la interacción lisina por sexo ($P < 0.02$), observando que los machos fueron responsables de la respuesta a lisina. Sin hacerse patentes estas alteraciones del consumo de alimento ($P > 0.10$) cuando los cerdos se encontraron entre los 60 a 100 kg de peso corporal, encontrando solo que los machos consumieron más alimento que las hembras (3.87 vs 3.64 kg/día/cerdo $P < 0.06$).

Al igual que en los trabajos anteriores, el análisis global de los datos (cuadro 16) refleja el comportamiento de los animales en la fase más temprana de crecimiento, manifestandose las interacciones proteína por lisina ($P < 0.06$) y lisina por sexo ($P < 0.04$), con un patrón similar al anteriormente mencionado para estas interacciones.

La ganancia de peso, independientemente del peso de los animales, fue menor para los cerdos consumiendo las dietas más pobres en proteína (cuadro 17 $P < 0.01$), indicando que aun utilizando melaza a altas concentraciones en la ración, el aumento de consumo observado en los anteriores experimentos, no fue suficiente para que el animal cubriera sus necesidades en g/día de proteína ante las concentraciones más bajas de este nutriente.

La eficiencia alimenticia, fue mejor en los animales consumiendo las dietas con mayor concentración de proteína según se observa en el cuadro 18, independientemente del peso de los animales. Sin embargo, para la fase de 60 a 100 kg, se observó una mejora en la eficiencia conforme se aumentó la concentración

CUADRO 15

CONSUMO DE ALIMENTO (kg/DIA/CERDO) EN CERDOS ASIGNADOS A DIETAS BAJAS EN PROTEÍNA, CON TRES CONCENTRACIONES DE LISINA Y 30 % DE MELAZA (36 A 60 kg), EXPERIMENTO 3.

PROTEÍNA %	SEXO	NIVELES DE LISINA %		
		0.49	0.53	0.57
10.0	MACHOS	2.54	2.91	3.15
	HEMBRAS	2.93	2.45	2.85
	\bar{X}	2.74	2.68	3.00
	MACHOS	2.77	3.16	2.79
12.0	HEMBRAS	2.95	2.85	2.51
	\bar{X}	2.86	3.00	2.65

Interaccion proteina x lisina (P < 0.02) EEM = 0.117

INTERACCION LISINA POR SEXO

SEXO	NIVELES DE LISINA %		
	0.49	0.53	0.57
MACHOS	2.65	3.04	3.97
HEMBRAS	2.94	2.65	2.68

(P < 0.02) EEM = 0.117

Ningún otro efecto o interacción significativos (P > 0.10) EEM = 0.169

CUADRO 16

CONSUMO DE ALIMENTO (kg/DIA/ANIMAL) EN CERDOS ASIGNADOS A DIETAS BAJAS EN PROTEINA, CON TRES CONCENTRACIONES DE LISINA Y 30 % DE MELAZA (36 A 100 kg), EXPERIMENTO, 3.

PROTEINA %	SEXO	NIVELES DE LISINA %		
		- 0.12	- 0.08	- 0.04
- 4.0	MACHOS	3.10	3.31	3.56
	HEMBRAS	3.46	2.89	3.29
	\bar{X}	3.28	3.10	3.43
	MACHOS	3.38	3.65	3.32
- 2.0	HEMBRAS	3.48	3.28	3.06
	\bar{X}	3.43	3.46	3.19

Interacción proteína x lisina (P < 0.06) EEM = 0.1218

INTERACCION LISINA POR SEXO

SEXO	NIVELES DE LISINA %		
	- 0.49	- 0.53	- 0.57
MACHOS	3.24	3.48	3.44
HEMBRAS	3.47	3.09	3.18

Interacción lisina x sexo (P < 0.04)
EEM = 0.1218

CUADRO 17

GANANCIA DE PESO (g/ANIMAL/DIA) EN CERDOS CONSUMIENDO
DIETAS BAJAS EN PROTEINA, CON TRES CONCENTRACIONES
DE LISINA Y 30 % DE MELAZA (36 A 100 kg),
EXPERIMENTO, 3

PROTEINA %	NIVELES DE LISINA %			\bar{X}
-----	- 0.12	- 0.08	- 0.04	-----
	-----	-----	-----	
- 4.0	570	556	689	605
- 2.0	673	710	691	691

Efecto de proteina (P < 0.01) EEM = 20.600
Ningún otro efecto o interacción significativos
(P > 0.10) EEM = 50.459

CUADRO 18

EFICIENCIA ALIMENTICIA (g/kg/ANIMAL) EN CERDOS ASIGNADOS
A DIETAS BAJAS EN PROTEINA, CON TRES CONCENTRACIONES
DE LISINA Y 30 % DE MELAZA (36 A 100 kg),
EXPERIMENTO 3.

PROTEINA %	NIVELES DE LISINA %			\bar{X}
-----	- 0.12	- 0.08	- 0.04	-----
- 4.0	173	178	200	183
- 2.0	197	205	217	206
\bar{X}	184	192	208	

Efecto de proteina (P < 0.005) EEM = 3.598

Efecto lineal de lisina (P < 0.01)

EEM = 4.406

Ningún otro efecto o interacción
significativos (P > 0.10) EEM = 8.812

CUADRO 19

GANANCIA DE PESO POR CONSUMO DE LISINA EN CERDOS ASIGNADOS A DIETAS BAJAS EN PROTEINA, CON TRES CONCENTRACIONES DE LISINA Y 30 % DE MELAZA (36 A 100 kg), EXPERIMENTO 3.

PROTEINA %	NIVELES DE LISINA %			\bar{x}
-----	-----	-----	-----	-----
	- 0.12	- 0.08	- 0.04	
- 4.0	37.08	35.24	36.59	36.30
- 2.0	42.26	40.49	39.61	40.78

 Efecto de proteina (P < 0.005) EEM = 0.7266
 Ningún otro efecto o interacción
 significativos (P > 0.10) EEM = 1.780

CUADRO 20

PROFUNDIDAD DE LA GRASA DORSAL (cm) EN CERDOS ALIMENTADOS
CON DIETAS BAJAS EN PROTEINA, TRES CONCENTRACIONES DE
LISINA Y 30 % DE MELAZA (36 A 100 kg), EXPERIMENTO 3

PROTEINA %	SEXO	NIVELES DE LISINA %			\bar{X}
		- 0.12	- 0.08	- 0.04	
- 4.0	MACHOS	1.60	1.85	1.63	1.59
	HEMBRAS	1.43	1.58	1.48	
	\bar{X}	1.51	1.72	1.55	
- 2.0	MACHOS	1.51	1.33	1.16	1.42
	HEMBRAS	1.57	1.57	1.38	
	\bar{X}	1.54	1.45	1.27	

Efecto de proteina ($P < 0.005$) EEM = 0.0368
Interacción proteina x lisina ($P < 0.04$) EEM = 0.638

INTERACCION PROTEINA POR SEXO

PROTEINA %	SEXO	
	MACHOS	HEMBRAS
- 4.0	1.69	1.49
- 2.0	1.33	1.51

($P < 0.01$) EEM = 0.0521

de lisina en la ración (efecto lineal $P < 0.01$). Lo anterior se detectó también al analizar los datos globales (cuadro 18), siendo más eficientes los animales consumiendo las dietas con más proteína (183 g/kg vs. 206 g/kg $P < 0.005$), mejorándose esta misma variable de respuesta conforme se incrementó la concentración del aminoácido en la ración (efecto lineal $P < 0.01$).

Las observaciones anteriores se refuerzan, al ver que la ganancia de peso en función del consumo de lisina, solo fue afectada por la concentración de proteína, siendo menos eficientes en la utilización de este nutriente los animales consumiendo las dietas más pobres en proteína ($P < 0.005$ cuadro 19).

Finalmente, la profundidad de la grasa dorsal, fue menor en los cerdos asignados a las dietas con más proteína (1.59 vs. 1.42 cm $P < 0.005$ cuadro 20), encontrando significativas la interacción proteína por lisina; disminuyó la profundidad de la grasa dorsal conforme se incrementó la concentración de lisina dietaria, lo que no se observó en los animales asignados a las dietas con menos proteína ($P < 0.04$). Los machos depositaron menos grasa al aumentar la proteína dietaria, pero no las hembras (interacción proteína por sexo, $P < 0.01$).

Experimento 4. Debido al ajuste que se hizo para mantener la relación proteína-lisina-energía metabolizable aparente estimada (Pc-Lys-EMAE), al formular las dietas de este experimento; al contrario de los trabajos anteriores, no se observó un efecto en el consumo de nitrógeno (N) ocasionado por la inclusión de melaza en la ración (30 %, 43.09 vs. 0 % 40.22 g/día/cerdo $P > 0.10$ cuadro 21), ni por las tres distintas relaciones Pc-Lys-EMAE ($P > 0.10$) utilizadas en el presente trabajo.

No obstante lo anterior, la presencia de melaza en la ración, ocasionó una mayor excreción de N en heces (15.68 vs. 11.08 g/cerdo/día $P < 0.05$), sin detectarse un efecto variable de respuesta atribuible a las diferentes relaciones Pc-Lys-EMAE.

El N absorbido no fue afectado, por la concentración de melaza dietaria (27.41 vs. 29.14 g/día/cerdo $P > 0.10$), a pesar de que no se afectó el consumo, pero sí la excreción de este nutriente en las heces, sin embargo, conforme se aumentó la relación Pc-Lys-EMAE, aumentó la cantidad de N digerido, lo anterior explicado por la ecuación: $Y = - 2.23 + 0.716 X$ ($r = 0.98 P < 0.05$).

Al expresar el N digerido como % del consumido, se registró una menor digestibilidad en los animales consumiendo las dietas con melaza (63.55 vs. 72.55 % $P < 0.05$), explicado esto en función de los datos de consumo y excreción en heces. Es interesante que no se observó ($P > 0.10$) un efecto atribuible a las relaciones Pc-Lys-EMAE.

El N excretado en orina fue aumentando conforme se

incrementaron las concentraciones de lisina y proteína dietarias, según la ecuación: $Y = 3.8 + 0.226 X$ ($r = 0.99$ $P < 0.05$), acorde a la mayor digestibilidad de N en g/día/cerdo, sin encontrar para esta variable alguna alteración provocada por la presencia de melaza en el alimento ($P > 0.10$).

Aunque se excretó más N en orina conforme se aumento la concentración de proteína y lisina en la ración, se observó, una mayor retención de N en g/día/cerdo (según se aumentó la relación Pc-Lys-EMAE en las dietas), siendo este comportamiento explicado por la siguiente ecuación: $Y = - 8.09 + 0.53 X$ ($r = 0.98$ $P < 0.05$), sin manifestarse alguna alteración por la presencia o no de melaza en la ración.

Al ajustarse el N retenido con base en el consumo o la digestibilidad del mismo, esto es, expresado como % de estas dos últimas variables, no se encontró efecto adjudicable a los tratamientos probados en el presente trabajo ($P > 0.10$). Situación muy clara, ya que el efecto de la melaza solo es patente a nivel de digestión de los nutrientes y el aumento en la velocidad de paso de la ingesta, aparentemente minimiza el efecto de las diferentes relaciones de Pc-Lys-EMAE utilizadas.

CUADRO 21

RETENCION DE NITROGENO EN CERDOS MACHOS CASTRADOS DE 43.97 KG DE PESO
 PROMEDIO; ANTE LA INCLUSION O NO DE MELAZA EN LA DIETA POR 3
 RELACIONES LISINA-PROTEINA-ENEA, EXPERIMENTO 4.

MELAZA %	30			0			
PROT. g / Kcal ENAe	35.72	42.86	50.0	35.72	42.86	50.00	
LYS % DE PROT.	4.48	4.42	4.36	4.48	4.42	4.36	EEN
CONSUMO N g/día a	39.05	42.54	47.70	33.74	39.45	47.47	3.863
N HECES g/día b	15.83	15.73	15.47	10.38	11.42	11.45	1.638
N DIGERIDO g/día c	23.21	26.80	32.22	23.36	28.03	36.03	3.233
N DIGES- TIBLE % d	59.40	63.67	67.59	70.41	71.53	76.02	2.734
N ORINA g/día e	11.36	13.33	14.34	12.30	13.88	15.77	0.884
N RETENIDO g/día f	11.85	13.48	17.88	11.05	14.15	20.25	2.600
N RET. % DE CONS. a	29.64	31.60	36.87	34.41	36.64	42.46	3.000
N RET. % DE DIG. a	49.84	40.90	54.75	40.49	51.17	55.64	2.736

* Lisina-Proteina-Energía metabolizable aparente estimada

a Ningún efecto o interacción significativos (P > 0.10)

b Efecto de melaza (15.68 vs 11.08 P < 0.05) EEN 0.946

c Efecto lineal de L-P-ENAe (23.89, 27.41 y 34.12 P < 0.05) EEN 2.287

d Efecto de melaza (63.55 vs 72.55 P < 0.05) EEN 1.578

e Efecto lineal de L-P-ENAe (11.83, 13.60 y 15.06 P < 0.05) EEN 0.625

f Efecto lineal de L-P-ENAe (11.45, 13.81 y 19.07 P < 0.05) EEN 1.839

DISCUSION

Experimento 1. Los animales consumiendo las dietas bajas en Pc-Lys; ganaron menos peso, en la etapa de 41-60 kg; contrariamente a lo reportado por Baker *et al.* (1975) y Easter y Baker (1980), siendo importante recalcar, que estos autores trabajaron con dietas sin melaza, no obstante, aun en los cerdos asignados a las raciones sin este ingrediente, se observó una menor ganancia de peso. Sin embargo en la fase de 60-100 Kg, ganaron peso al mismo ritmo, con la misma proporción de disminución proteica (2 unidades porcentuales) y más castigados en la concentración de Lys (- 0.08 unidades porcentuales), esto último concordó con lo reportado por Mariscal (1987).

La diferente respuesta en las dos etapas de crecimiento, ocasionada ante un mismo criterio de restricción a proteína, puede explicarse porque; a menor edad y peso del cerdo, es de mayor importancia la densidad y relaciones de los aminoácidos esenciales en la ración (Southern y Baker, 1982). Ya que, la síntesis de proteína expresada como g/día/kg de peso metabólico; es mayor en animales más jóvenes (Reeds *et al.*, 1980), alcanzando el máximo en cerdos de 60 kg de peso vivo, observándose después una disminución en la síntesis de proteína y un aumento en la deposición de grasa (Shields *et al.*, 1983; Just, 1984).

Es importante tomar en cuenta que en las dietas de el presente trabajo, al igual que en el de Mariscal (1987), se utilizó sorgo como fuente de energía, aportando en este caso; alrededor del 56 % de la proteína alimenticia en las raciones con 2 % de melaza y alrededor del 36 % en las raciones con 30 % de este ingrediente y en los trabajos de Baker, la fuente energética fue el maíz, esta situación es importante, ya que, abre la posibilidad a pensar en la menor disponibilidad promedio de los aminoácidos del sorgo con respecto a la que presenta la proteína del maíz (93 vs. 83 % ; Feedstuffs, 1985; citado por Pró y Sosa, 1987), aunque esta situación no se evaluó experimentalmente en este trabajo.

En el análisis total de los datos (41-100 Kg), se mantiene el efecto de menor ganancia ante las dietas bajas en Pc-Lys, lo que sugiere que la restricción en proteína en las etapas más tempranas de la engorda no pudo ser compensada a pesar de la respuesta observada en los animales a mayor peso.

Por otro lado, es de hacer notar que la adición de 30 % de melaza a la ración no ocasionó un efecto detrimental en la ganancia de peso, en ninguna de las fases de crecimiento analizadas en este trabajo, sin embargo, esta situación fue posible a costa del aumento en el consumo de alimento que se observó en los animales asignados a las dietas con 30 % de melaza, el cual fue constante durante toda la engorda, provocando una menor eficiencia alimenticia en los animales consumiendo estas dietas, aunque ese mayor consumo de alimento, no provocó

que los animales alcanzaran a cubrir sus requerimientos en g/día de proteína y lisina en la etapa de 41 a 60 Kg de peso.

Al consumir los animales (efecto principal de Pc-Lys) la misma cantidad de alimento, durante las dos etapas de crecimiento, pero ganando menos peso en la primera, se ocasionó una menor eficiencia alimenticia en esta etapa, lo cual ya no se observó en los animales entre 60 a 100 Kg de peso, sin embargo una vez más, la restricción proteica en la primera fase de crecimiento, repercutió en los datos globales, también con una menor eficiencia, provocada, en este caso por una menor ganancia de peso.

No se observó en ninguna de las dos fases de crecimiento analizadas, una disminución en el consumo de alimento, debido a la concentración Pc-Lys, situación esperada, ya que solo los extremos en cuanto a concentración proteica, disminuyen el consumo (más del 25 % : Sugahara et al., 1969; menos del 10 % ; Robison et al., 1974; citados por Robles, 1988).

Con respecto a la ganancia de peso en función del consumo de lisina, a lo largo de la engorda, indicó que la respuesta del animal, dependió en gran medida del consumo de lisina en las dietas con el menor contenido de melaza, pero cuando el nivel de melaza se elevó al 30 %, entonces el factor consumo de lisina resultó irrelevante, esto es; mayores consumos de lisina, no mejoraron la respuesta animal.

De lo anterior surge la duda, acerca de si la concentración de lisina recomendada en la literatura, para cerdos consumiendo dietas a base de maíz-pasta de soya, es la más adecuada, siendo de interés la evaluación de esta respuesta en animales ligeros para confirmar sin lugar a dudas las observaciones de este primer experimento.

Experimento 2. Al igual que en el trabajo anterior, la presencia de melaza en la ración, no constituyó un factor limitante para la ganancia de peso, en ninguna de las fases de crecimiento analizadas, sin embargo, se pudo constatar que este fenómeno se realizó a costa de un mayor consumo de alimento, con el consiguiente decremento en la variable de eficiencia alimenticia, siendo importante señalar que la inclusión de las concentraciones crecientes de lisina en la dieta, no provocó alteraciones con respecto a la ganancia de peso de los animales, ni al consumo de alimento.

Los animales entre 18 a 35 kg de peso, mostraron una mejor eficiencia alimenticia conforme se incrementó la concentración de lisina dietaria, este comportamiento denotó una respuesta ante los niveles de inclusión del aminoácido, inclusive, el hecho de no encontrar cambio en la pendiente de la línea de regresión, para la etapa de 18 a 35 Kg, indicó que no se cubrieron las demandas de este nutriente a las concentraciones utilizadas en este trabajo, lo que concuerda con el trabajo de Tanksley y Baker (1978), recomendando estos autores al suplementar proteína a

concentraciones bajas, al igual que en el presente trabajo, una concentración del aminoácido del 0.73 % de la dieta, lo que indicó que si se hubiera utilizado un nivel más de inclusión de lisina, probablemente se hubiera obtenido, la inflexión en la curva.

Es importante recalcar el hecho de que no se manifestó la interacción con melaza, lo que sugiere que el factor energía, para la fase de 18 a 35 Kg de crecimiento, no fue limitante con respecto a la utilización de la proteína dietaria, ya que, independientemente de la concentración de lisina en la ración, los cerdos ganaron peso a un ritmo similar.

Para la fase de 35 a 60 Kg de peso, se observó que continuó el efecto de menor eficiencia alimenticia en los animales asignados a las dietas con melaza, también debido a que mantuvieron una similar tasa de ganancia de peso, con base en un aumento en el consumo de alimento. En esta misma fase de crecimiento, se observó inclusive un comportamiento cuadrático ante la inclusión de los niveles crecientes del aminoácido, observándose que, en las dietas sin melaza, se cubre el requerimiento (desde el punto de vista de eficiencia alimenticia) al alcanzar la concentración de lisina que recomienda el N.R.C. (1979), lo que no concuerda con las concentraciones de 0.56 % del aminoácido, recomendadas en la literatura, para animales de este peso, al disminuir en 2 unidades porcentuales la concentración de proteína dietaria (Baker et al., 1975; Easter y Baker, 1980), para dietas maíz-pasta de soya, siendo conveniente mencionar en este caso, la menor digestibilidad que poseen los aminoácidos de la proteína del sorgo en relación a la del maíz, lo que pudiera ocasionar esta diferencia en las respuestas. Siguiendo con esta misma interacción, para los animales asignados a las dietas con melaza, se observó que aumenta la eficiencia alimenticia al incrementar la concentración del aminoácido sin mostrar como en el caso de las dietas sin melaza, un punto de inflexión que indique, que se cubre el requerimiento de lisina.

Esta respuesta probablemente indica que para obtener una respuesta óptima en los animales de 35 a 60 Kg de peso, se debe utilizar un nivel menor de melaza dietaria, aproximado de 20 %, ya que los mismos animales mostraron un adecuado comportamiento productivo, al utilizar este porcentaje de inclusión en la fase de peso más ligera. La respuesta para eficiencia alimenticia, aclaró los resultados del trabajo anterior, en donde no se observó el mismo comportamiento al utilizar las dietas bajas en proteína con el ajuste a lisina.

Con respecto a consumo de alimento, se mantuvo durante las dos fases de la engorda, mayor para los animales asignados a las dietas con melaza, provocando una menor eficiencia alimenticia en general, pero manteniendo la misma ganancia de peso, al igual que el trabajo anterior, lo que concuerda con lo observado en experiencias anteriores (Blanco et al., 1964), sin embargo no concuerda con lo informado por Robles et al. (1974), ya que en este último trabajo no se presentó el aumento de consumo, con

detrimento en la ganancia de peso de los animales al no poder cubrir sus demandas energéticas, sin embargo: los experimentos de la presente investigación se realizaron en situaciones de clima templado, mientras que el trabajo de Robles se realizó en clima tropical, siendo que en este último ambiente juega un papel muy importante el incremento calórico de la dieta, ya que cuando los animales se encuentran en un medio ambiente, con temperaturas superiores a su zona de termoneutralidad, tienden a disminuir su consumo como una respuesta para disminuir la producción de calor inherente a la ingestión de alimento (Stalhy y Cromwell, 1979; Stalhy et al., 1979), siendo probable que esta sea la explicación para el diferente comportamiento de los animales en estos dos medios ambientes.

La ganancia de peso, como se comentó, no fue afectada por el nivel de inclusión de melaza ni por la adición de lisina a la ración o por la interacción de estos dos factores, en ninguna de las fases de crecimiento, a este respecto para el factor melaza, se repitió la experiencia del trabajo anterior, la inclusión de melaza, a los niveles utilizados en estos trabajos, no fue limitante para el crecimiento de los cerdos.

Con respecto a que no se observó una mejora en la ganancia de peso, sino solo en eficiencia alimenticia, ante la inclusión de niveles crecientes de lisina, la explicación puede ser la siguiente: la respuesta que presentan los organismos superiores ante niveles crecientes en el consumo de un nutriente deficiente, en una dieta basal, es una curva de tipo sigmoide; caracterizada por una pobre respuesta a niveles bajos de inclusión del nutriente, seguida por una respuesta marcada, esto es una pendiente positiva, relativamente grande con respecto al intersección de la línea, seguida por una meseta, en la cual la pendiente cambia a ser muy pequeña y la respuesta animal no es tan marcada. La respuesta firmemente ascendente se obtiene, a niveles de suplementación del nutriente no cercanos a cubrir requerimientos, en cambio cuando se trabaja en la zona de la curva cercana a el punto de inflexión, la respuesta animal no es tan sensible, requiriendo muy probablemente de un tamaño de muestra mayor, por lo que la respuesta puede hacerse manifiesta en una variable de respuesta más sensitiva, como puede ser la eficiencia alimenticia (Spindler y Wicker, 1984).

No se encontró una respuesta a sexo o a alguna de las interacciones de este factor con la composición de las dietas, a pesar de que se informa en la literatura, que los machos castrados consumen más alimento y ganan peso más rápidamente que las hembras (Bereskin et al., 1976).

Para la variable de ganancia de peso por consumo de lisina, básicamente se repitió la respuesta observada para eficiencia alimenticia, durante las dos fases de crecimiento, los animales consumiendo las dietas con melaza ganaron menos peso por unidad de lisina consumida, esto es explicado por la misma ganancia de peso, a diferente nivel de consumo; para la etapa de 35 a 60 Kg, se detectó también un efecto cuadrático de lisina, confirmando la

observación de eficiencia alimenticia y la interacción melaza por lisina, también reflejó que los animales consumiendo las dietas con melaza, no respondieron ante los niveles de inclusión del aminoácido, mientras que en las dietas sin melaza, si se observó mejor eficiencia para el uso de lisina, conforme se aumentó este nutriente en la ración. Finalmente, para el análisis global, solo se observó que los animales consumiendo las dietas sin melaza, ganaron más peso por unidad de lisina ingerida, una vez más debido a mantener igual ganancia de peso, por medio del aumento en el consumo de alimento.

Experimento 3. En los trabajos anteriores se observó que los animales, entre 60 a 100 Kg de peso, consumiendo dietas con dos unidades porcentuales menos de proteína ajustadas a lisina; mantuvieron una ganancia de peso similar a la de los cerdos alimentados, con las dietas formuladas a cubrir los requerimientos recomendados (N.R.C., 1979), sin embargo en las etapas más tempranas de crecimiento, no se observó este fenómeno; incluso ante el aumento de consumo que se presentó al incluir melaza en alto porcentaje en la ración, muy probablemente debido a que la concentración de lisina en la ración no fue la adecuada, como se demostró en el segundo trabajo, pero, fue interesante la respuesta de los animales en la fase de 60 a 100 Kg de peso, los cuales no mostraron efecto en su comportamiento productivo, al consumir las dietas más pobres en proteína y lisina.

En el presente trabajo, utilizando niveles de proteína aun más pobres; se observó que los animales consumiendo las dietas con 4 unidades porcentuales menos de proteína en la ración, ganaron menos peso en las dos etapas de crecimiento, esta situación concuerda con lo informado por Baker *et al.* (1975) y Easter y Baker (1980), con respecto a que los animales no pueden compensar la dilución de proteína más allá de dos unidades porcentuales, ajustando solo con el aminoácido lisina. De hecho, se ha observado que es necesario ajustar la dieta con treonina y triptofano al disminuir 4 unidades porcentuales la concentración de proteína dietaria, en animales de 20 a 40 Kg de peso (Corley y Easter, 1983; Russell *et al.*, 1983; 1986). Por lo que muy probablemente, es que se haya manifestado la deficiencia de un segundo o hasta el tercer aminoácido limitante y lo interesante es que, a pesar del aumento de consumo observado al incluir melaza en grandes proporciones en la formulación, no se pudo evitar esta situación, con la consiguiente menor ganancia de peso.

Es necesario recordar, que con el tipo de dietas utilizadas en el presente trabajo, en las cuales no se utilizó una fuente de proteína purificada, se tuvo que incluir pasta de girasol en la formulación, para poder alcanzar las concentraciones tan bajas de lisina, requeridas en las dietas basales, por lo que el aporte de otros aminoácidos esenciales (aparte de lisina), pudo verse comprometido, a tal grado que el aumento de consumo que se presenta al incluir altos porcentajes de melaza en la ración, no fue suficiente para cubrir las demandas diarias del animal, situación que se hace patente al no encontrar respuesta, ante la

inclusión de los niveles crecientes de lisina.

Aparentemente, la deficiencia de estos aminoácidos no fue tan marcada en la etapa de 60 a 100 Kg de peso, ya que se observó una respuesta lineal, ante la suplementación con lisina, mejorándose la ganancia de peso, aunque esto fue verdad para los dos niveles de proteína, lo cierto es que la ganancia de peso fue menor en los animales alimentados con las dietas bajas en proteína. Para consumo de alimento, se observó en la etapa de 60 a 100 Kg, que los machos castrados consumieron más que las hembras, situación ya informada en la literatura (Bereskin et al., 1976), sin embargo, también se reporta una mayor ganancia de peso en los machos castrados, situación que no se observó en este y en el anterior trabajo. Probablemente debido, a que la reducción en la concentración de la proteína dietaria, no permitió la máxima respuesta productiva.

En la etapa de 36 a 60 Kg, se observó en la interacción; proteína por lisina, que al aumentar la concentración del aminoácido, en las dietas con más proteína, se disminuyó el consumo de alimento, situación que no se observó en las dietas bajas en proteína; este comportamiento se repitió al hacer el análisis de la engorda global, solo que en las dietas bajas en proteína, se observó un menor consumo en el segundo nivel de lisina. Henry (1988), demostró que una deficiencia marginal en los requerimientos de lisina y treonina , ejerce un aumento en el consumo voluntario, sin embargo parece más creíble, que al aumentar la concentración de lisina, un desbalance de aminoácidos este provocando el menor consumo, ya que solo se observó el efecto en los animales consumiendo las dietas con más proteína.

Finalmente en la interacción sexo por lisina, se observó, que los machos consumieron más que las hembras en el segundo y tercer niveles de inclusión de lisina, no siendo así en el tercer nivel.

La eficiencia alimenticia, presenta un comportamiento sostenido a través de las dos etapas de engorda, de ser menor en los animales alimentados con la dieta más baja en proteína, lo cual resulta de haber presentado un consumo similar, pero diferente ganancia de peso, a favor de las dietas con más proteína. Pensando en que existió una menor ganancia de peso y una menor eficiencia alimenticia, aun en la fase de 60 a 100 Kg, es muy probable que a estas concentraciones de proteína, exista ya el efecto de otro u otros aminoácidos, como limitantes, situación ya discutida cuando se habló de ganancia de peso.

También se observó un comportamiento lineal ante la adición de lisina, mejorándose la eficiencia a mayores concentraciones del aminoácido en la dieta. Lo anterior solo en la etapa de 60 a 100 Kg y en el análisis global de los datos. Lo anterior se derivó de que los animales mostraron una mejor ganancia de peso, ante el mismo consumo, conforme se aumentó la concentración del aminoácido en la dieta, en la etapa de 60 a 100 Kg. La ganancia de peso en función del consumo de lisina, fue menor para los animales consumiendo las dietas pobres en proteína, tan solo como una

consecuencia de una mayor ganancia sin verse afectado el peso corporal.

Finalmente, la profundidad de la grasa dorsal, fue mayor para los animales consumiendo las dietas más pobres en proteína, lo que concuerda con los datos de la literatura, a menor consumo de proteína mayor depósito de grasa (Campbell *et al.*, 1984; 1985). Encontrando también, que a los niveles más altos de lisina, se disminuyó el grosor de la grasa dorsal, lo que habla de un mejor aporte en cuanto a calidad de proteína, ya que los desbalances o antagonismos de aminoácidos, también provocan un mayor depósito de grasa. Encontrando en la interacción proteína por lisina, que se reduce la profundidad de la grasa dorsal, al suplementar lisina, pero solo en las dietas con más proteína, siendo igual de profunda la capa de grasa dorsal, para las dietas bajas en proteína, sin importar la concentración de lisina, lo anterior concuerda con la idea de que la reducción de 4 unidades porcentuales de proteína, con respecto a los requerimientos, provoca la manifestación del aminoácido segundo o hasta el tercer limitante, de aquí que la calidad de proteína, no se altere al aportar más lisina. Finalmente, la interacción; proteína por sexo, demostró que los machos depositaron menos grasa dorsal cuando consumieron dietas altas en energía y las hembras depositaron igual cantidad de grasa sin importar el nivel de proteína.

Experimento 4. En los trabajos anteriores se encontró, que los cerdos no alcanzaron a cubrir sus demandas de producción, al disminuir 4 unidades porcentuales, la concentración de proteína dietaria con respecto a los requerimientos establecidos, sin embargo en dietas sorgo-pasta de soya, fue posible disminuir la concentración proteica en dos unidades porcentuales y mantener una ganancia de peso adecuada.

También se observó que la inclusión de niveles altos de melaza en la ración, no constituyó un factor detrimental para el crecimiento de los cerdos, ya que mantuvieron una tasa de crecimiento similar a la de los animales consumiendo dietas sin melaza, observando que esta respuesta fue a costa de aumentar el consumo de alimento, siendo menos eficientes los cerdos consumiendo las dietas con melaza, quedando la duda de; como es la utilización metabólica del nitrógeno dietario al incluir altas concentraciones de melaza y como se altera el metabolismo nitrogenado, al manejar distintas relaciones; lisina-proteína-energía metabolizable aparente estimada (L-P-EMAE), en dietas con grano-oleaginosas o con alta concentración de melaza.

Con todo y que el consumo de nitrógeno fue igual, los animales consumiendo las raciones con melaza, excretaron más nitrógeno en las heces, lo que estuvo asociado con un menor coeficiente de digestibilidad del nitrógeno, ocasionado también por la presencia de melaza en las dietas, este hecho concuerda con lo reportado en la literatura, acerca del efecto detrimental que tiene sobre la digestibilidad de la proteína, la utilización de raciones con altas concentraciones de melaza (Brooks, 1968), inclusive

proponiéndose la alternativa de incluir un porcentaje más alto de fuentes proteicas en las raciones para cerdos, cuando se incluyera melaza en altas cantidades (Mcleod et al., 1967), sin embargo esta situación no es necesaria, ya que el animal puede compensar perfectamente por consumo esta situación de menor digestibilidad, sin detrimento en la ganacia de peso, como se observó en los primeros trabajos. Curiosamente el nitrógeno digerido expresado en g/día/cerdo, no se vió afectado por la cantidad de melaza dietaria, sino más bien por la relación L-P-EMAE, ya que según aumento esta relación, se absorbió más nitrógeno a nivel entérico, independientemente de la presencia o no de melaza en la ración, sin embargo cuando esta cantidad se expreso como porcentaje del consumo (coeficiente de digestibilidad) solamente se vió disminuido en los animales consumiendo las dietas con melaza, como se comentó con anterioridad.

La excreción de nitrógeno por via urinaria, expresada también en g/día/cerdo, presentó el mismo comportamiento que la absorción de este elemento en el tubo digestivo, aumentó conforme fue más grande la relación L-P-EMAE, implicando que aunque haya existido una mayor absorción de nitrógeno en g/día, también existió una mayor excreción, lo que da la pauta para explicar porque el nitrógeno retenido expresado como porciento del nitrógeno digerido fue igual en todos los casos, ya que para esta relación no tiene nada que ver la pérdida fecal y aunque es cierto que la absorción de nitrógeno en g/día fue mayor conforme se aumento la relación L-P-EMAE, también se observó una mayor excreción del elemento por via urinaria, conforme se aumento la relación de nutrientes mencionada, por lo tanto el valor biológico para la proteina dietaria, fue el mismo, independientemente de la presencia o no de melaza y de las relaciones L-P-EMAE utilizadas en el presente trabajo. Aunque queda un punto sin esclarecer, lo referente a el comportamiento de la expresión del nitrógeno retenido como porcentaje del consumo, ya que contra lo esperado al observar la disminución en la digestibilidad del elemento, ocasionada por la melaza, el análisis de la retención en función del consumo, no arrojó efectos significativos por causa de alguno de los factores involucrados en el presente trabajo, incluyendo a la melaza, por lo tanto no hace mucha lógica, el hecho de que ante una digestibilidad disminuida, la retención del nitrógeno como porciento del consumo del mismo exprese resultados iguales entre si.

CONCLUSIONES

Los cerdos mostraron un aumento en el consumo de alimento al recibir dietas con alta concentración de melaza.

Los cerdos, presentaron una mayor capacidad para cubrir sus demandas alimenticias en unidades de nutriente/día; conforme aumentó su peso corporal.

El uso de melaza, a los porcentajes de inclusión utilizados en las raciones, no afectó significativamente la tasa de ganancia diaria de peso de los animales, al ser comparada contra la que presentaron animales consumiendo dietas sin melaza.

La disminución de 2 unidades porcentuales en la concentración de proteína dietaria, así como la reducción también de 0.04 unidades porcentuales en la de lisina, en dietas sorgo-pasta de soya, provocó una menor ganancia de peso, en los cerdos de 35 a 60 Kg de peso, independientemente de la presencia o no de melaza en la ración. Sin embargo, esta misma restricción en cuanto a proteína y 0.08 unidades porcentuales menos de lisina, no ocasionaron una disminución en la ganancia de peso en los animales entre 60 a 100 Kg de peso.

Para una respuesta máxima de eficiencia alimenticia, en animales de 35 a 60 Kg de peso, ante la suplementación con lisina, se debe incluir melaza en la ración a menos del 30 %.

La disminución de 4 unidades porcentuales en la concentración de la proteína dietaria, redujo la tasa de ganancia diaria de peso de los animales, con respecto a la dilución de solo 2 unidades porcentuales de este nutriente, aun suplementando con lisina, lo que indicó la deficiencia de algún otro aminoácido limitante.

El efecto de incluir melaza en la ración, solo redujo la digestibilidad del nitrógeno, ya que la utilización metabólica de este nutriente post-absorción fue similar, independientemente de la relación lisina-proteína-energía metabolizable aparente estimada o de la presencia o no de melaza en la ración.

CAPITULO IV

OBTENCION DE LOS VALORES DE ENERGIA BIODISPONIBLE DE LA MELAZA PARA EL CERDO

INTRODUCCION

La inquietud por predecir los valores de energía biodisponible de los ingredientes, a partir de la composición química de estos no es nueva, ya en 1956, Carpenter y Clegg (citados por Clunies et al., 1984), propusieron una ecuación para predecir la energía metabolizable aparente (EMA), basados en el contenido de materia seca, proteína cruda, grasa y carbohidratos de la dieta. En 1963, Sibbald et al., 1963 propusieron un tipo similar de ecuación, para predecir EMA corregida a retención cero de nitrógeno (EMAN), pero este tipo de predicciones no son muy seguras porque los coeficientes de digestibilidad de los nutrimentos varían entre ingredientes (Sibbald, 1980).

Otros intentos se han llevado a cabo, pero basándose en medidas directas de aprovechamiento de energía en los animales; como es el caso de energía neta (EN), tomando en cuenta; la composición de lípidos, proteínas, carbohidratos, así como los valores de EMA (determinados empíricamente), de los ingredientes (De Groot, 1974), esta metodología ha caído en desuso, por su alta variabilidad y poca replicabilidad de los resultados (Scott, 1982).

Por otro lado, el aprovechamiento de la energía química potencial de los alimentos por el animal, está influida por factores como: estado fisiológico del animal, nivel de consumo, proporción de los ingredientes en la ración, medio ambiente y edad del animal, entre otros (N.R.C., 1981).

De lo anterior se deduce, que no por fuerza los valores de EMA propuestos para la melaza de caña para el cerdo, por el N.R.C. (1979; 1988), sean los valores reales de energía que este ingrediente aporte a los animales.

DETERMINACION EXPERIMENTAL DEL CONTENIDO DE ENERGIA BIODISPONIBLE DE LA MELAZA

Ya en 1969 Velázquez et al. hicieron un intento por determinar la energía biodisponible de la melaza de caña para el cerdo, no

obstante en ese trabajo, no se concluye acerca de valores tanto; de energía digestible aparente (EDA), así como de energía metabolizable aparente (EMA), utilizando como dieta control, una ración con base en miel rica y 3 dietas con niveles crecientes de melaza, sin embargo, al disminuir la concentración de melaza en las dietas experimentales, se aumenta la cantidad de azúcar de caña en las mismas, no encontrando diferencias para el contenido de EDA y EMA entre las dietas experimentales y la dieta testigo, obteniendo un promedio de 3.66 Mcal de EDA, con un coeficiente de variación de 1.79 % y 3.43 Mcal de EMA con un coeficiente de variación de 2.19 %, lo que impidió obtener valores de energía biodisponible por medio de esta metodología para el ingrediente problema.

De lo anterior se hace patente la necesidad de obtener valores de energía para la melaza de caña, calculados a partir de datos experimentales, tomando en cuenta factores como; velocidad de paso de ingesta, relación de nutrientes en la ración (básicamente proteína y lisina), digestibilidad de materia seca y nitrógeno y retención de nitrógeno y energía.

Surgiendo las siguientes hipótesis:

HIPOTESIS

1. Los valores de energía biodisponible de la melaza, se ven alterados por diferentes relaciones: lisina-proteína-energía metabolizable aparente estimada.
2. La energía biodisponible de la dieta basal disminuye con cada porcentaje de inclusión de melaza.
3. La inclusión de melaza aumenta la velocidad de paso de la ingesta, con respecto a lo que se observe en la dieta basal sin melaza.
4. El valor de EMA expresado como porciento de la EDA se ve alterado solo cuando cambia la relación: lisina-proteína-energía metabolizable aparente estimada.

OBJETIVOS

1. Evaluar el efecto que sobre los valores de energía biodisponible de la melaza tienen dos diferentes criterios de suplementación lisina-proteína.
2. Observar el efecto de la dieta sobre el tiempo de aparición de marcador en las heces.
3. Evaluar el efecto de la corrección a nitrógeno retenido, sobre los valores de energía metabolizable aparente.
4. Obtener a partir de los datos experimentales, ecuaciones de regresión para predecir los valores de energía biodisponible, a partir de la concentración de melaza a utilizar, en lugar de un solo valor.

MATERIAL Y METODOS

El presente trabajo se realizó en las instalaciones del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria-Fisiología del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, SARH, cuya localización y características ya fueron descritas (capítulo III).

Se utilizaron 18 cerdos machos castrados, producto de cruzamientos alternos Landrace-Duroc, con un peso inicial promedio de 51.38 ± 3.8 Kg. El experimento se condujo, bajo un diseño de bloques al azar, siendo el criterio de bloqueo la entrada de los animales a las jaulas metabólicas. Los tratamientos resultaron del arreglo factorial de 3 niveles de melaza (0, 15 y 30 %) y dos criterios de suplementación de lisina-proteína-energía metabolizable aparente estimada (L-P-EMAE): la aportación de concentraciones de lisina y proteína que recomienda el N.R.C. (1979) para animales de este peso corporal (14 % de proteína y 0.61 % de lisina) y el mantener una relación L-P-EMAE fija a 42.86 g de proteína por Mcal de EMAE y lisina al 4.42 % de la proteína; obteniendo en este caso concentraciones de lisina y proteína diferentes por cada nivel de inclusión de melaza (cuadro 22).

Todas las dietas se formularon para cubrir o exceder los requerimientos de calcio, fósforo, vitaminas y minerales traza para animales de este peso, según las concentraciones sugeridas por el N.R.C. (1979) para dietas convencionales; cereal-pasta de soya. Las consideraciones acerca del análisis de los ingredientes y formulación de las dietas, ya fueron descritas con anterioridad (capítulo III).

Como en los trabajos anteriores, se observó que los animales en las etapas más ligeras de crecimiento, fueron más susceptibles a la calidad proteica de la dieta, en las presentes raciones, también se balanceo a cubrir los requerimientos de treonina, cuya adición, en caso de ser necesaria, se hizo a partir de l-treonina sintética.

Los animales se azarizaron a tratamiento y se alojaron por un periodo de siete días en jaulas individuales con bebederos de chupón y comederos de tolva; donde se les suministró el alimento 2 veces al día (9 y 17 Hrs.), 40 minutos cada vez, retirando el alimento sobrante, todo para adaptar a los animales a confinamiento, horario de alimentación y tipo de dieta. Posteriormente los animales se alojaron en jaulas metabólicas, provistas con piso de rejilla, un bastidor corredizo de ángulo con tela de alambre (para la colección de heces) y abajo del bastidor una charola, también corrediza, de fibra de vidrio con cespól y una cubeta para la colección de orina. los comederos son desmontables con fibra de vidrio, lisos para evitar dificultades a los animales al comer e impedir el rechazo de alimento. En estos mismos comederos se ofreció el agua, ya que las jaulas

metabólicas no poseen bebedero, esta última se ofreció asociada a las comidas, lo más cercano a un régimen ad libitum, para evitar desperdicios de alimento y dilución de la orina (en caso de que el animal, al trompear el comedero por aburrimiento tirara el agua).

En las jaulas metabólicas los cerdos permanecieron durante 11 días; 5 de acostumbramiento y 6 de colección. Tanto en las jaulas metabólicas como en las de adaptación, se midió el consumo de alimento para ajustar la cantidad de este a ofrecer durante el periodo de colección, que fue del 90 % del consumo máximo voluntario (expresado como porcentaje del peso corporal) del animal que comió menos durante este periodo (un cerdo por cada uno de los niveles de melaza), lo anterior para evitar el rechazo de alimento. Al quinto día del periodo en las jaulas metabólicas, se ofreció a los animales el alimento de la mañana marcado con Fe_2O_3 , al 1.0 % de la ración, con la finalidad de señalar el inicio del periodo de colección, montándose los bastidores y las charolas y cubetas para recibir la orina.

A partir de la aparición de las heces marcadas, estas se colectaron, diariamente, mezclándose para después tomar dos muestras por animal y se procedió a determinar el porcentaje de materia seca (Tejada, 1985), una vez seca la muestra se molió y se guardó para al final del periodo de colección mezclar todas las submuestras y tomar una representativa para la determinación del porcentaje de nitrógeno en base seca por el método de Kjeldahl (Tejada, 1985) y el calor de combustión (A.S.T.M., 1974; citado por Tejada, 1985).

El final del periodo de colección de heces se determinó al alimentar a los cerdos nuevamente con el indicador (Fe_2O_3), en la mañana del décimo día del periodo en jaulas metabólicas, cuando aparecieron las heces de color rojo, se rechazaron, terminando la colecta.

La orina se colectó diariamente a la misma hora (9:00 A.M.) en las cubetas, las cuales contenían 40 ml de HCl 6 N. Se midió el volumen excretado y se tomó una alícuota del 10 % del volumen y se congeló, esto se realizó durante 5 días y al final se descongelaron las muestras, se mezclaron y se tomó una alícuota para determinar el porcentaje de nitrógeno.

Para determinar la energía de combustión de la orina, se utilizó celulosa seca como vehículo (0.5 g compactados en el fondo de la cápsula del calorímetro), a la cual se le agregó 1 ml de orina y se puso a secar en la estufa de aire forzado durante 24 Hrs. a 100 C; posteriormente se pesó la cápsula y se determinó el calor de combustión a la mezcla de celulosa y sólidos de la orina. Para conocer la energía aportada por la orina únicamente, se restó el valor energético proveniente de los 0.5 g de celulosa directamente al numerador en la fórmula para obtener el calor de combustión de la muestra, siendo el denominador el peso de la materia seca de la orina.

A las muestras de alimento, también se les determinó; el porcentaje de nitrógeno, materia seca y energía bruta (Tejada, 1985).

Para estimar la velocidad de paso del indicador por el tubo digestivo, el día que en se propocionó el alimento marcado por segunda vez, se revisaron las heces cada media hora, hasta que apareció el color rojo en estas; el análisis de los datos se realizó por medio de un analális de varianza, partiendo de los minutos de aparición, para tener una variable continua.

Las variables de respuesta analizadas fueron: porcentaje de materia seca en heces, digestibilidad de la materia seca y nitrógeno; nitrógeno retenido como porcentaje del consumo y del digerido; energía digestible aparente (EDA); energía metabolizable aparente (EMA); EMA corregida a retención cero de nitrógeno (EMAN) y tiempo de aparición de marcador en heces.

CUADRO 22

DIETAS EXPERIMENTALES

MELAZA EN LA DIETA %

	0	15	30	0	15	30
PROT. g/ Mcal EMAe	43.75	46.67	50.0	42.86	42.86	42.86
LYS % DE PROT.	4.36	4.36	4.36	4.42	4.42	4.42
INGREDIENTE						
SORGO	76.200	58.500	44.380	76.810	68.490	51.370
PASTA DE SOYA	9.530	9.170	12.260	8.820	13.450	10.800
PASTA DE GIRASOL	8.960	13.200	11.240	9.030	0.510	5.270
MELAZA	---	15.000	30.000	---	15.000	30.000
ACEITE VEGETAL	3.000	2.050	0.380	3.000	0.520	---
L-LYS-HCl	0.125	0.133	0.085	0.143	0.060	0.091
ORTOFOSFATO	0.850	1.000	1.080	0.860	0.900	1.720
CARBONATO DE CALCIO	0.890	0.500	0.130	0.890	0.620	0.250
VITAMINAS a	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
MINERALES a	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350
L-TREONINA	---	---	---	---	---	0.049

Análisis de las raciones (% o Mcal / Kg):

Proteína	13.920	13.840	14.130	13.500	12.950	11.930
EMAe	3.200	3.000	2.800	3.200	3.000	2.800
Cálcio	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600
Fósforo	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450
Lisina	0.610	0.610	0.610	0.606	0.568	0.530
Treonina	0.400	0.390	0.390	0.400	0.390	0.390

a El aporte de las premezclas vitamínica y mineral se encuentra en el cuadro 1 (capítulo III).

RESULTADOS

El porcentaje de materia seca en las heces, no se observó alterada por las relaciones lisina-proteína-energía metabolizable aparente estimada (L-P-EMAE) ni por la adición de los niveles crecientes de melaza a la ración ($P > 0.10$ cuadro 23).

El porcentaje de digestibilidad de la materia seca del alimento, se vió disminuida linealmente, conforme se aumentó la concentración de melaza dietaria, siendo explicado este efecto por la siguiente ecuación $Y = 82.15 - 0.32 X$ ($r = 0.72$ $P < 0.01$), sin detectarse algún otro efecto atribuible a las relaciones L-P-EMAE o a la interacción de los factores ($P > 0.10$ cuadro 23).

Esta situación está muy relacionada con el tiempo de aparición del marcador en heces, ya que conforme se incrementó la cantidad de melaza en la dieta, disminuyó el tiempo en que aparecieron las heces marcadas ($Y = 1666 - 34.52 X$ $r = 0.81$ $P < 0.01$), sin detectar para esta variable de respuesta, alteración atribuible a las relaciones Pc-Lys-EMAE utilizadas en las raciones ($P > 0.10$ cuadro 23). Ocasionando esta condición que los valores de energía biodisponible de las raciones disminuyeran también linealmente al aumentar la concentración de melaza dietaria: EDA; $Y = 3.61 - 0.02 X$ ($r = 0.80$ $P < 0.01$) y EMA; $Y = 3.51 - 0.02 X$ ($r = 0.83$ $P < 0.01$ cuadro 24), encontrando que la corrección a retención cero de nitrógeno para los valores de EMA (EMAN), siguieron el mismo patrón de comportamiento, siendo muy similares a los valores de EMA sin corregir ($Y = 3.44 - 0.02 X$ $r = 0.82$ $P < 0.01$). No se encontró efecto de las relaciones Pc-Lys-EMAE, para ninguno de los valores de energía determinados (cuadro 24).

La EMA expresada como porcentaje de la EDA, fue menor conforme se incremento la adición de melaza en las dietas ($Y = 97.25 - 0.09 X$ $r = 0.79$ $P < 0.01$ cuadro 25), al igual que la EMAN, también disminuyó linealmente al expresarla como porcentaje de la EDA ($Y = 95.22 - 0.09 X$ $r = 0.76$ $P < 0.01$), en este caso tampoco se observó efecto atribuible a las concentraciones de lisina y proteína dietarias ($P > 0.10$).

En el cuadro 26 se puede observar que el consumo de nitrógeno (N), se incrementó, conforme se aumento la concentración de melaza dietaria ($P < 0.01$), así como el N en heces ($P < 0.05$), ocasionando, una menor digestibilidad del mismo ($P < 0.01$), también explicada unicamente por la concentración de melaza dietaria.

El N retenido expresado como porcentaje del consumo, fue afectado por la interacción, encontrando que ante las concentraciones de proteína y lisina, mantenidas fijas, independientemente de la concentración de melaza, disminuye bruscamente este parámetro, mientras que al ajustar la concentración de estos nutrientes con base en la inclusión de

melaza, los niveles de 15 y 30 % de inclusión del ingrediente, casi no alteraron la retención de N en función del consumo del mismo.

CUADRO 23

COMPORTAMIENTO DE LA MATERIA SECA Y MARCADOR DE ALIMENTO EN
CERDOS ALIMENTADOS CON 3 NIVELES DE MELAZA Y 2
RELACIONES L-P-EMAE *

MATERIA SECA DE HECEs (%)

CONCENTRACION PROT. / LYS	NIVELES DE MELAZA %		
	0	15	30
FIJA	38.29	39.56	36.54
AJUSTADA A EMAE	37.91	37.72	38.43
Ningún efecto o la interacción significativos (P < 0.10) EEM = 2.092			

DIGESTIBILIDAD DE MATERIA SECA (%)

CONCENTRACION PROT. / LYS	NIVELES DE MELAZA %		
	0	15	30
FIJA	83.89	76.06	71.02
AJUSTADA A EMAE	79.32	80.83	73.00
\bar{x}	81.61	78.45	72.01
Efecto lineal de melaza (P < 0.01) EEM = 1.401 Ningún otro efecto o interacción significativos (P > 0.10) EEM = 1.981			

TIEMPO DE APARICION DE MARCADOR EN HECEs (Hrs : Min)

CONCENTRACION PROT. / LYS	NIVELES DE MELAZA %		
	0	15	30
FIJA	29:50	24:21	9:52
AJUSTADA A EMAE	24:33	16:53	9:39
\bar{x}	27:01	20:37	9:45
Efecto lineal de melaza significativo (P < 0.01) EEM = 2:12 Ningún otro efecto o interacción significativo (P > 0.10) EEM = 3:06			

* Lisina-Proteína-Energía Metabolizable Aparente estimada

CUADRO 24

ENERGIA BIODISPONIBLE (Mcal/Kg) DETERMINADA EN CERDOS ALIMENTADOS
CON 3 NIVELES DE MELAZA Y 2 RELACIONES L-P-EMaE

ENERGIA DIGESTIBLE APARENTE

CONCENTRACION PROT. / LYS	NIVELES DE MELAZA %		
	0	15	30
FIJA	3.69	3.32	2.99
AJUSTADA A EMaE	3.49	3.47	3.10
\bar{X}	3.59	3.40	3.04

Efecto lineal de melaza significativo (P < 0.01) EEM = 0.059
Ningún otro efecto o interacción significativos (P > 0.10)
EEM = 0.084

ENERGIA METABOLIZABLE APARENTE

CONCENTRACION PROT. / LYS	NIVELES DE MELAZA %		
	0	15	30
FIJA	3.57	3.18	2.82
AJUSTADA A EMaE	3.40	3.35	2.93
\bar{X}	3.48	3.27	2.88

Efecto lineal de melaza (P < 0.01) EEM = 0.058
Ningún otro efecto o interacción significativos (P > 0.01)
EEM = 0.082

EMA CORREGIDA A RETENCION CERO DE NITROGENO

CONCENTRACION PROT. / LYS	NIVELES DE MELAZA %		
	0	15	30
FIJA	3.49	3.12	2.77
AJUSTADA A EMaE	3.33	3.30	2.86
\bar{X}	3.41	3.21	2.82

Efecto lineal de melaza (P < 0.01) EEM = 0.058
Ningún otro efecto o interacción significativos (P > 0.10)
EEM = 0.082

CUADRO 25

EMA DETERMINADA COMO PORCENTAJE DE LA EDA EN
CERDO ALIMENTADOS CON 3 NIVELES DE MELAZA Y 2
RELACIONES L-P-EMAE *

CONCENTRACION PROT. / LYS	NIVELES DE MELAZA %		
	0	15	30
FIJA	96.81	95.93	94.48
AJUSTADA A EMAE	97.39	96.51	94.47
\bar{x}	97.10	96.22	94.48

Efecto lineal de melaza ($P < 0.01$) EEM = 0.314

Ningún otro efecto o interacción significativos ($P > 0.10$)

EEM = 0.443

CUADRO 26

RETENCION DE NITROGENO EN CERDOS ALIMENTADOS CON 3 CONCENTRACIONES DE MELAZA EN LA RACION POR 2 RELACIONES L-P-EMe[†]

CONCENTRACION PROT. / LYS	FIJA			AJUSTADA A EMe			EEM
	0	15	30	0	15	30	
MELAZA %							
CONSUMO N g/día a	41.49	59.34	53.94	44.40	55.07	56.19	2.609
N HECES g/día b	10.65	21.06	24.47	14.26	17.51	22.93	1.384
N DIGERIDO g/día c	30.84	38.26	29.47	30.14	37.56	33.26	2.495
N DIGES- TIBLE % d	74.36	64.77	54.92	67.75	67.88	59.10	2.382
N ORINA g/día e	13.44	20.97	16.16	13.52	21.44	14.90	1.414
N RETENIDO g/día f	17.40	17.29	13.31	16.62	16.12	18.37	1.706
N RET. % DE N CONS. g	42.27	29.93	24.77	37.87	29.88	32.89	1.769
N RET. % DE N DIG. h	56.85	46.01	45.34	55.89	44.05	55.38	3.123

† Lisina-proteína-energía metabolizable aparente estimada

a Efecto lineal de melaza (42.95, 57.20 y 53.07 P < 0.01)

b Efecto lineal de melaza (12.45, 19.29 y 23.70 P < 0.05)

c Efecto cuadrático de melaza (30.49, 37.91 y 31.37 P < 0.05)

d Efecto lineal de melaza (71.06, 66.33 y 57.01 P < 0.01)

e Efecto cuadrático de melaza (13.48, 21.20 y 15.53 P < 0.01)

f Ningún efecto o interacción significativos (P > 0.10)

g Efecto de interacción (P < 0.10)

h Efecto cuadrático de melaza (56.37, 45.03 y 50.36 P < 0.10)

DISCUSION

A pesar de que las heces se observaron más líquidas al provenir de animales consumiendo las dietas con 30 % de melaza, el porcentaje de materia seca fue igual, sin importar el nivel de melaza dietaria; esta situación ya fue reportada con anterioridad por Soriano (1982), al utilizar 40 % de melaza en la ración, con la única diferencia de que las dietas del presente trabajo, no se ajustaron con aceite, para hacerlas isocalóricas a las dietas con base en grano como única fuente de energía, sin embargo Cuarón (1986), informó que al suplementar las raciones para cerdos en crecimiento con 40 % de melaza sin ajustar la densidad energética con aceite, se disminuyó la materia seca de las excretas.

De lo anterior se deduce que a concentraciones de hasta 30 % de melaza en la ración no hay presencia de heces excesivamente líquidas, tal como lo observaron Shimada y Brambila (1966) y Bravo y Cabello (1968), al utilizar 15 % de melaza dietaria.

Con respecto a la digestibilidad de materia seca, esta se observó disminuida al aumentar la cantidad de melaza en la ración; esta situación concuerda con lo reportado en la literatura (Brooks, 1972; Mcleod et al., 1986) y en general afectó la disponibilidad de los nutrientes dietarios, para el animal, ya que conforme se aumento la cantidad de melaza incluida en la dieta, se disminuyó la absorción de; materia seca, nitrógeno y energía en el tubo digestivo.

Muy probablemente esta disminución en la digestibilidad aparente de los nutrientes antes mencionados, sea ocasionada por un aumento en la velocidad de paso de la ingesta (Pérez, 1968).

Con respecto a la aseveración anterior, en el presente trabajo, se observó que por cada unidad porcentual de melaza incluida en la dieta, se disminuyó el tiempo de aparición del marcador en las heces 34 minutos ($r = 0.81$), al compararse contra la dieta sin melaza, ya que alguna otra situación que explique la disminución de la digestibilidad al utilizar melaza en la ración, no fue detectada en el presente trabajo.

La EDA determinada de las dietas experimentales, no se observó afectada por la relación L-P-EMAE, situación esperada, ya que los ingredientes de las dietas eran los mismos, sin embargo se encontró que con cada unidad porcentual de melaza, se disminuyó la EDA 18 kcal/kg de materia seca ($r = 0.80$). Esta situación definitivamente fue explicada por la disminución en la digestibilidad de la materia seca, absorbiéndose menos energía conforme se aumentó la concentración de melaza en la ración. Con respecto a los valores de EMA, no se detectó efecto ocasionado por las relaciones L-P-EMAE usadas en el presente trabajo.

Es interesante hacer notar, que también en este caso, se disminuyó el valor de EMA; en 20 kcal/kg de materia seca, por

cada unidad porcentual de melaza incluida en la ración ($r = 0.83$), esta situación se explica también por la disminución en la digestibilidad de la materia seca, ya que el cálculo de EMA, se efectúa restando a la EDA la pérdida energética urinaria, por lo tanto no es de extrañar el comportamiento similar de estas dos mediciones de energía biodisponible, sin embargo, el hecho de que no se observara una diferencia por las relaciones L-P-EMAE, aparentemente indica que estas no fueron extremas como para afectar la tasa de recambio en los animales, esto es; independientemente de las relaciones L-P-EMAE el aprovechamiento del N dietario fue similar, desde este punto de vista.

Pero es importante hacer notar que el comportamiento de la deposición de proteína (expresada como N retenido como porcentaje del consumo), presentó efecto de la interacción; donde se observó que esta fue limitada por el aporte energético de las raciones, ante las dos relaciones L-P-EMAE, sin embargo cuando la concentración de melaza fue al 30 % de la ración, aportando la proteína al 14 % (N.R.C., 1979), se presentó una menor retención de N que en todas las demás raciones, lo que hace pensar que; debido al aumento de consumo que se presenta al utilizar este tipo de raciones, es deseable disminuir la concentración de este nutriente en el alimento, ya que más bien ocurre un desperdicio del mismo. Con respecto a estas últimas observaciones; Campbell et al. (1984 y 1985), encontraron que a concentraciones de proteína bajas; el factor limitante de la deposición de este nutriente es el consumo del mismo; mientras que cuando el aporte de proteína es adecuado, el depósito de la misma es independiente del consumo de proteína y determinado por el consumo de energía, situación observada en el presente trabajo, por lo tanto; estos resultados confirman las observaciones de los experimentos anteriores, con respecto a que las concentraciones de proteína dietaria 2 unidades porcentuales por debajo de lo recomendado por el N.R.C. (1979), siempre y cuando se ajuste a lisina (sin descuidar treonina, en el caso de animales del peso utilizado en el presente trabajo), es una práctica que ayuda a optimizar la utilización de la proteína dietaria. Los valores de EMAN, fueron bastante similares a los de EMA, apesar del ajuste en el consumo de alimento para evitar rechazo de alimento, inclusive los animales mostraron el mismo comportamiento experimental, confirmando los cálculos de Wolynetz y Sibbald (1984) hechos en aves, ahora en cerdos, con respecto a que cuando el consumo de alimento es a libertad o muy cercano, los valores de EMA y EMAN son iguales, por lo tanto no hace mucho sentido utilizar los valores corregidos para el balanceo de raciones, inclusive los cuadros de composición de ingredientes para cerdos (N.R.C., 1988) nunca utilizaron esta corrección.

Con respecto a el análisis del comportamiento de la variable: EMA expresada como porcentaje de la EDA, se observó que con cada unidad porcentual de melaza incluida en la ración, disminuyó en 0.088 % ($r = 0.79$), Wu y Ewan (1979) y Robles y Ewan (1982); observaron al obtener los valores de energía biodisponible de ingredientes energéticos; que conforme se aumentó la inclusión del ingrediente a partir de la dieta basal, los valores de EMA

como porcentaje de la EDA fueron aumentando, pero en esos casos la proteína de la dieta basal se iba disminuyendo, conforme se agregó el ingrediente a evaluar, encontrando, al analizar la retención de nitrógeno, que esta se aumentó al incrementar la concentración del ingrediente.

Los animales consumiendo la dieta basal en estos experimentos, debido al planteamiento de los mismos, estaban sujetos a una restricción fuerte de energía, de hecho, el consumo del ingrediente a evaluar, fue extra por sobre el consumo de la dieta basal, por lo tanto al incrementar la energía de la dieta, ante concentraciones adecuadas de proteína, se favoreció el depósito de este nutriente, acorde a las inferencias de los trabajos de Campbell previamente citados, siendo esta explicación más completa que la expresada por Morgan *et al.* (1975; citado por Wu y Ewan 1979), acerca de que al disminuir la concentración de proteína a partir de la inclusión del ingrediente problema, se aumenta el depósito de la misma.

La disminución en el valor de la EMA expresada como porciento de la EDA en el presente trabajo, si concuerda con el efecto mayor de melaza, observado al expresar el nitrógeno retenido como porcentaje del consumo del mismo, con respecto a que se disminuyó dicho valor de EMA con respecto a la EDA, ya que al excretarse más N en orina lógicamente se disminuyeron los valores de EMA. Los valores de EMAN presentaron el mismo comportamiento que los valores de EMA, implicando una vez más que trabajando con consumos de alimento grandes no tiene mucho sentido el calcular estos valores.

El consumo de N, fue mayor en los animales asignados a las dietas con melaza, encontrando que la cantidad N excretado en heces aumento conforme se adicionó más melaza a la dieta, ocasionando una menor digestibilidad, confirmando ampliamente las observaciones anteriores acerca de una menor absorción de nutrientes (energía y nitrógeno), cuando se incluye melaza en la ración.

El N excretado en orina, presentó un efecto cuadrático, siendo mayor en los animales consumiendo las dietas con 15 % de melaza dietaria, sin embargo esto es solo consecuencia de que la absorción de N en g/día presento el mismo efecto, por lo tanto al expresar el N retenido como porciento del consumo, presenta un efecto lineal, siendo menor conforme se aumenta la cantidad de melaza en la ración y observandose también el efecto de la interacción ya discutido. Con respecto a la expresión del N retenidos como porcentaje del N digerido, se observó un efecto cuadrático, detectandose una menor retención de N en el nivel de 15 % de inclusión de melaza, aparentemente esto sugiere un menor valor biológico de la proteína, sin embargo con los datos obtenidos en este trabajo no se pudo llegar a una explicación acerca de este tipo de respuesta.

Con respecto a la determinación de los valores de energía biodisponible para la melaza, en el presente trabajo se propone,

más que un valor único; la utilización de las ecuaciones de regresión obtenidas (cuadro 27), para según el porcentaje del ingrediente que se quiera incluir en la ración, obtener el valor de energía que el ingrediente aporta al animal, inclusive si se piensa en un porcentaje de inclusión mínimo, darle el valor de energía que tendría al sustituir en la ecuación de regresión este porcentaje mínimo, para abrir el porcentaje de balanceo de este ingrediente, pero solo en 5 unidades de rango, lo anterior para no perder potencia en el balanceo de la ración, ya que la utilización de un valor único, usualmente obtenido promediando los valores de 2 niveles de inclusión del ingrediente a evaluar en la dieta basal (Wu y Ewan, 1979; Robles y Ewan, 1982) o bien utilizando un solo valor, obtenido por extrapolación (Diggs et al., 1965 ; Yen et al., 1974), provoca que si se incluye el ingrediente a bajos porcentajes se subestime su valor energético, mientras que si se incluye a altos niveles de inclusión, se sobreestime su aporte energético. Desde luego, la utilización de estas ecuaciones de regresión, se aconseja solo para ser aplicadas cuando se utilicen porcentajes de inclusión del ingrediente dentro de los rangos utilizados en el presente trabajo (0 a 30 %), ya que a niveles de inclusión mayores, el comportamiento puede no ajustarse a las observaciones encontradas en el presente trabajo.

Con respecto a las ecuaciones de regresión, para calcular los diferentes valores de energía, se puede observar que sus pendientes son iguales, esto se puede explicar debido a que casi toda la variación atribuible a tratamiento, se originó por la inclusión de melaza, la cual ocasionó una baja paulatina en la digestibilidad, que fue lo que caracterizó los valores de energía determinados experimentalmente para las dietas, los que a final de cuentas son los que dan origen a las líneas de las regresiones, i.e., la digestibilidad se alteró por la progresiva mayor velocidad de paso y la utilización de la energía absorbida resultó inalterada, por lo que redundantemente todos los efectos atribuibles a la presencia de melaza en la dieta pueden ser imputados a la aceleración del paso del alimento por el tubo digestivo.

CUADRO 27

ECUACIONES DE REGRESION PARA OBTENER LOS VALORES DE ENERGIA
BIODISPONIBLE DE LA MELAZA EN DIETAS BASADAS EN GRANO
DE CEREAL-PASTAS DE OLEAGINOSAS PARA EL
CERDO EN CRECIMIENTO

Energia digestible aparente (EDA):

$$Y = 3.61 - 0.02 X \quad R^2R = 0.65$$

Energia metabolizable aparente (EMA):

$$Y = 3.51 - 0.02 X \quad R^2R = 0.69$$

EMA corregida a retención cero de Nitrógeno (EMAn):

$$Y = 3.44 - 0.02 X \quad R^2R = 0.68$$

CONCLUSIONES

Las determinaciones de energía biodisponible no se alteraron por las diferentes relaciones lisina-proteína-EMAE, utilizadas en el presente trabajo.

El tiempo de aparición de marcador en heces disminuyó conforme se aumentó la concentración de melaza dietaria.

Los valores de EMAN fueron muy similares a los de EMA, debido a que el consumo de alimento no se restringió fuertemente, por lo tanto, se recomienda utilizar para el balanceo de raciones los valores sin ajustar.

Las ecuaciones que se presentan en el cuadro 27, pueden servir para predecir los valores de energía de la melaza, tomando en consideración las condiciones experimentales de este trabajo.

El porcentaje de materia seca de las heces no fue alterado por la inclusión de concentraciones altas de melaza en la ración.

La digestibilidad de la materia seca y por lo tanto, la absorción tanto de la energía como el nitrógeno fueron menores; a los niveles de inclusión de melaza utilizados en el presente trabajo.

La EMA expresada como porciento de la EDA fue menor conforme se aumentó la concentración de melaza dietaria, debido a una menor retención de nitrógeno.

LITERATURA CITADA

- A.F.M.A. 1976. Feed Manufacturing Technology. American Feed Manufacturers Association, Inc., Arlington Virginia USA.
- Anderson, L.C., A.J.Lewis, E.R.Peo Jr. y J.D.Crenshaw. 1984a. Effect of various dietary arginine:lysine ratios on performance, carcass composition and plasma amino acid concentrations of growing-finishing swine. *J. Anim. Sci.* 58:362.
- Anderson, L.C., A.J.Lewis, E.R.Peo Jr. y J.D.Crenshaw. 1984b. Effect of excess arginine with and without supplemental lysine on performance, plasma amino acid concentrations and nitrogen balance of young swine. *J. Anim. Sci.* 58:369.
- Anderson, V.L. y R.A.Mclean. 1974. Design of experiments. A realistic approach. Marcel Dekker, Inc. New York USA.
- Ashoor, S.H. y J.B.Zent.1984. Maillard browning of common amino acids and sugars. *J. Food Sci.* 49:1206.
- Avila, G.E. 1980. Aminoácidos limitantes de algunas fuentes de proteína de origen vegetal. III Reunión Proteína Aminoácidos. Fermentaciones Mexicanas. S.A., México. D.F.
- Azúcar S.A. 1986. Estadísticas azucareras. Azúcar S.A. México.
- Baker, D.H., R.S.Kats y R.A.Easter. 1975. Lysine requeriment of growing pigs at two levels of dietary protein. *J. Anim. Sci.* 40:851.
- Baker, D.H. 1982. Importance of amino acid balance in swine rations. *Feedstuffs*. March 8-40.
- Baker,D.H. y V.C.Speer. 1983. Protein-amino nutrition of nonruminant animals with emphasis on the pigs: past, present and future. *J. Anim. Sci.* 57: 284 (Suppl.2).
- Bereskin, B., R.J.Davey y W.H.Peters. 1976. Genetic, sex and diet effects on pig growth and feed use. *J. Anim. Sci.* 43:977.
- Berruecos, V.J.M. 1972. Mejoramiento genético del cerdo. 1a edición. Ed. Arana S.C.L. México.
- Blanco, V., N.S.Raun y E.Vargas. 1964. Molasses a major energy source for swine. *J. Anim. Sci.* 23:868 (Abstr.).

- Bravo, O.F. y E.Cabello. 1968. Efecto de tres combinaciones de pasta de cártamo y melaza en raciones para cerdos en engorda final. Tec.Pec.Méx. 11:38.
- Brooks, C.C. y I.I.Iwanaga. 1967. Use of cane molasses in swine diets. J. Anim. Sci. 26:741.
- Brooks, C.C. 1972. Molasses, sugar (sucrose) corn, tallow, soybean oil and mixed fats as source of energy for growing swine. J. Anim. Sci.34:217.
- Campbell, R.G. y King, R.H. 1982. The influence of dietary protein and level of feeding on the growth performance and carcass characteristics of entire and castrated male pigs. Anim. Prod. 35:177.
- Campbell, R.G., M.R.Taverner y D.M.Curic. 1984. Effect of feeding level and dietary protein content on the growth, body composition and rate of protein deposition in pigs growing from 45 to 90 kg. Anim. Prod. 38:233.
- Campbell, R.G., M.R.Taverner Y D.M.Curic. 1985. The influence of feeding level on the protein requeriment of pigs between 20 and 45 kg live weight. Anim. Prod. 40:489.
- Cisneros, G.F. 1989. Uso de la monencina y el sulfato de cobre como mejoradores del valor nutricional del rastrojo de maíz en dietas para cerdos en crecimiento-finalización. Tesis M.C. FES-Cuautitlán, U.N.A.M.
- Corley, J.R. y R.A.Easter. 1983. Limiting amino acids in a low-protein corn-soybean meal diet for starter pigs. J. Anim. Sci. 57:241 (Suppl. 1).
- Close, W.H. y L.E.Mount. 1978. The effects of plane of nutrition and environmental temperature on the energy metabolism of the growing pig: I Heat loss and critical temperature. Br. J. Nutr. 40:413.
- Clunies, M., S.Leeson y J.D.Summers. 1984. *In vitro* estimation of apparent metabolizable energy. Poultr. Sci. 63:1033.
- Cuarón, J.A. 1984. Integración del conocimiento de los procesos de la digestión y del metabolismo en la formulación de programas de alimentación. Memorias del Primer Curso de Actualización de Aves y Cerdos. APAINIP. México.
- Cuarón, J.A. 1986. Influencia de niveles de melaza sobre el efecto promotor del crecimiento por el cobre. Memorias de la Reunion de Investigación Pecuaria en México.

- Curtis, S. 1981. Pig energetics-The diet and the environment. Pork Ind. Conf. Dept. Anim. Sci. Univ. of Ill.
- De Groote, G. 1974. A comparison of a new net energy system with the metabolisable energy system in broiler diet formulation, performance and profitability. Br. Poult. Sci. 15:75.
- Den Hartog, L.A., M.W.A.Verstegen, H.Boer y P.B.J.Linders. 1987. The lenght of the collection period in digestibility studies with pigs. J. Anim. Sci. 65:311 (Suppl. 1.) Abstr.
- Diggs, B.G., D.E.Becker, A.H.Jensen y H.W.Norton. 1965. Energy value of various feeds for the young pig. J. Anim. Sci. 24:555.
- D'Mello, J.P.F. y D.Lewis. 1970. Amino acid interactions in chick nutrition 3. Interdependence in amino acid requeriments. Br. Poult. Sci. 11:367.
- Easter, R.A. y D.H.Baker. 1980. Lysine and protein levels in corn-soybean meal diets for growing-finishing swine. J. Anim. Sci. 50:467.
- Edmonds, M.S., H.W.Gonyou y D.H.Baker. 1987. Effect of excess leveles of methionine, triptophan, arginine, lysine or threonine on growth and dietary choice in the pig. J. Anim. Sci. 65:179.
- Edmonds, M.S. y D.H.Baker. 1987. Amino acids excesses for young pigs: effects of excess methionine, tryptophan, threonine or leucine. J. Anim. Sci. 64:1664.
- Farrel, D.J.1978. Rapid determination of metabolisable energy of foods using cockerels. Br. Poult. Sci. 19:303.
- Fernández, J.A., H.Jorgensen y A.Just. 1986. Comparative digestibility experiments with growing pigs and adults sows. Anim. Prod. 43:127.
- Fernández, T.S. y J.A.Cuardn. 1985. Porque suplementar con aminoácidos. Parte I. Alimentación Animal Aplicada. INIFAP.
- Girard-Globa, A., P.Robin y M.Forestier. 1972. Long term adaptation of weanling rats to high dietary levels of methionine and serine. J. Nutr. 102:209.
- Guillaume, J. y J.D.Summers. 1970. Maintenance energy requirements of the rooster and influence of plane of nutrition on metabolizable energy. Can. J. Anim. Sci. 50:363.

- Hagemeier, D.L., G.W.Libal y R.C.Wahlstrom. 1983. Effects of excess arginine on swine growth and plasma amino acid levels. *J. Anim. Sci.* 57:99.
- Harper, A.E., N.J.Benevenga y R.M.Wolheuter. 1970. Effects of ingestion of disproportionate amounts of amino acids. *Physiol. Rev.* 50:428.
- Henry, Y. 1988. Influence of diet composition on feed efficiency and utilization in growing-finishing pigs. 3er. Simposio Internacional Avances en la Nutrición del Cerdo. AMENA-AMVEC. México, D.F.
- Just, A., Jorgensen H. y Fernández J.A. 1983. Maintenance requirement and the net energy value of different diets for growth in pigs. *Livest. Prod. Sci.* 10: 487.
- Just, A. 1984. Nutritional manipulation and interpretation of body compositional differences in growing swine. *J. Anim. Sci.* 58:740.
- Katz, R.S., D.H.Baker, C.E.Sasse, A.H.Jensen y B.C. Harmon. 1973. Efficacy of supplemental lysine, methionine and rolled oats for weaning pigs fed a low protein corn-soybean meal diet. *J. Anim. Sci.* 37:1165.
- Katz, R.S. y D.H.Baker. 1975. Toxicity of various organic sulfur compounds for chicks fed crystalline amino acids diets containing threonine and glycine at their minimal dietary requirements for maximal growth. *J. Anim. Sci.* 41:1355.
- Kerr, B.J., R.A.Easter, D.H.Baker, F.K.Mckeith, P.J.Betchel y D.W.Giesting. 1983. Response of growing finishing pigs to lysine supplementation of reduced protein diets. *J. Anim. Sci.* 57:252 (Suppl.1).
- Krebs, H.A. 1972. Some aspects of the regulation of fuel supply in omnivorous animals. *Adv. Enz. Reg.* 10:397.
- Lehninger, L.A. 1975. Bioenergética. Fondo Educativo Interamericano, S.A. USA.
- Lehninger, L.A. 1980. Bioquímica. Ediciones Omega, Barcelona España.
- Loeza, L.R., S.Fernández y J.A.Cuardón. 1987. Estrategias para el uso de niveles altos de melaza en la alimentación de cerdos en México. III Congreso Nacional de la Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal A.C. Cocoyoc, Morelos México.

- Lozano, P.F. y A.M. Villagómez. 1986. La industria alimenticia animal en México en cifras. CANACINTRA, México.
- Ly, J. y M. Velázquez. 1970. Algunas observaciones sobre la glucosa sanguínea en cerdos alimentados con dietas basadas en azúcar y miel final, miel rica o granos. Rev. Cubana Cienc. Agric. 4:201.
- Mariscal, L.G. 1987. Efecto de la alimentación restringida y fuente de nitrógeno en cerdos en finalización alimentados con dietas bajas en proteína. Tesis MC. FES-Cuautitlán UNAM.
- McLeod, N.A., M. Velázquez y T.R. Preston. 1968. El efecto del nivel de proteína en dietas de mieles para puercos en crecimiento. Rev. Cub. Cienc. Agric. 2:201.
- N.R.C. 1979. Nutrient Requirements of Domestic Animals. Nutrient Requirements of Swine. Eighth Revised Ed. National Academy of Sciences-National Research Council Washington, D.C. USA.
- N.R.C. 1981. Nutritional energetics of domestic animals and glossary of energy terms. Second Revised Ed. National Academic Press. Washington D.C. USA.
- N.R.C. 1987. National Research Council. Predicting Feed Intake of Food-Producing Animals, First Ed. National Academy Press. Washington, D.C. USA.
- N.R.C. 1988. Nutrient Requirements of Domestic Animals. Nutrient Requirements of swine. Ninth Revised Ed. National Academy of Sciences-National Research Council Washington, D.C. USA.
- Pérez, R. 1968. Diferentes niveles de mieles ricas y finales para gallinas ponedoras. Rev. Cub. Cienc. Agric. 2:269.
- Pérez, E.R. 1986. Aspectos económicos de la porcicultura en México: 1960-1985 UNAM-ASA.
- Pesti, G.M. 1984. Influence of substitution method and of food intake on bioassays to determine metabolisable energy with chickens. Br. Poult. Sci. 25:495.
- Pró, M.A. y E. Sosa. 1987. Factores que limitan el uso del sorgo en la alimentación de las aves. III Congreso Nacional de la Asociación Nacional de Especialistas en Nutrición Animal, A.C. Cocoyoc, Morelos, México.

- Rerat, A., M.Fiszlewick, A.Giusi y P.Vaugelade. 1987. Influence of meal frequency on postprandial variations in the production and absorption of volatile fatty acids in the digestive tract of conscious pigs. *J. Anim. Sci.* 64:448.
- Reeds, P. J., A.Cadenhead, M.F.Fuller, G.B.Lobley y J.D. McDonald. 1980. Protein turnover in growing pigs. Effects of age and food intake. *Br. J. Nutr.* 43:445.
- Robles, C.A., Ortiz E., Samour J. y Shimada A. 1974. Melaza con inhibidores de la fermentación alcohólica como alimento para cerdos. *Tec. Pec. Méx.* 26:20.
- Robles, C.A. 1976. Evaluation of the energy value of feed ingredients for young swine. MSc thesis Iowa State Univ. Ames Iowa. USA.
- Robles, C.A. y R.C.Ewan. 1982. Utilization of energy of rice and rice bran by young pigs. *J. Anim. Sci.* 55:572.
- Robles, C.A. 1988. Consumo de alimento. 3er. Simposio Internacional Avances en la Nutrición del Cerdo. AMENA-AMVEC. México.
- Russell, L.E., G.L.Cromwell y T.S.Stahly. 1983. Tryptophan, Threonine, Isoleucine and methionine supplementation of a 12 % protein lysine, supplemented, corn-soybean meal diet for growing pigs. *J. Anim. Sci.* 56:1115.
- Russell, L.E., R.A.Easter, V.Gómez-Rojas, G.L.Cromwell y T.S. Stahly. 1986. A note on the supplementation of low-protein, maize-soya-bean meal diets with lysine, tryptophan, threonine and methionine for growing pigs. *Anim. Prod.* 42:291.
- Russell, L.E., B.J.Kerr y R.A.Easter. 1987. Limiting amino acids in an 11 percent crude protein corn-soybean meal diet for growing pigs. *J. Anim. Sci.* 65:1266.
- Scott, M.L., M.C.Nesheim y R.J.Young. 1982. Nutrition of the chicken. 3a. Ed. M.L.Scott and associates. Ithaca, New York USA.
- Schang, M.J., I.R.Sibbald y R.M.G.Hamilton. 1982. Comparison of two direct bioassays using young chicks and two internal indicators for estimating the metabolizable energy content of feedingstuffs. *Poult. Sci.* 62:117.
- Sell, J.L. y G.G.Mateos. 1981. Influence of supplemental fat on utilization of dietary energy and rate of food passage in poultry. *Proc. Georgia Nutr. Conf.* pp. 161-176.

- Shields, R.G.Jr., D.C.Mahan y P.L.Graham. 1983. Changes in swine body composition from birth to 145 kg. *J. Anim. Sci.* 57:43.
- Shimada, M.A. y S.Brambila. 1966. Valoración de la sustitución de pasta de soya con pastas de algodón y cártamo en raciones a base de malz, con y sin melaza para cerdos en crecimiento y finalización. *Tec. Pec. Mèx.* 8:30.
- Shimada, M.A. 1987. Fundamentos de nutrición animal comparativa. 3a reimpresión. Consultores en producción animal S.C.
- Sibbald, I.R. y S.J.Slinger. 1963. Factors affecting the metabolizable energy content of poultry feeds 12. *Protein quality. Poult. Sci.* 42:707.
- Sibbald, I.R., J.Czarnocki, S.J.Slinger y G.L.Ashton. 1963. The prediction of the metabolizable energy content of poultry feedstuffs from a knowledge of their chemical composition. *Poult. Sci.* 42:386.
- Sibbald, I.R. 1976. A bioassay for true metabolizable energy in feedingstuffs. *Poult. Sci.* 55:303.
- Sibbald, I.R., K.Price y J.P.Barrete. 1980. True metabolizable energy values for poultry of commercial diets measured by bioassay and predicted from chemical data. *Poult. Sci.* 59:808.
- Sibbald, I.R. y P.M.Morse. 1984. A preliminary investigation of the utilization of the true metabolizable energy by chicks. *Poult. Sci.* 63:954.
- Smith, G.A. y M.Friedman. 1984. Effect of carbohydrates and heat on the amino acid composition and chemically available lysine content of casein. *J. Food Sci.* 49:817.
- Soria, R.J., R.Avelaño y C.A.Ortiz. 1987. Levantamiento fisiográfico del estado de Querétaro. CIFAP-Guanajuato, INIFAP, SARH. México.
- Soriano, T.J. 1982. Causas y prevención de diarreas por consumo de melaza de caña en aves y cerdos. Tesis MC FES-Cuautitlan UNAM.
- Southern, L.L. y D.H.Baker. 1982. Performance and concentration of amino acids in plasma and urine of young pigs fed diets with excesses of either arginine or lysine. *J. Anim. Sci.* 55:857.
- Spindler, M. y D.Wicker, 1984. Research test bioefficacy of methionine substitutes. *Feedstuffs.* 56 (5):37-39.

- Stalhy, T.S. y G.L.Cromwell. 1979. Effect of environmental temperature and dietary fat supplementation on the performance and carcass characteristics of growing and finishing swine. *J. Anim. Sci.* 49:1478.
- Tanksley, T.D.Jr. y D.H.Baker. 1978. Protein and amino acids for swine. *Pork Industry Handbook (PIH-5)*. Texas Agricultural and Extension Service. Texas A&M University.
- Tanksley, T.D.Jr. y D.Knabe. 1980. El uso de valores de aminoácidos digestibles en la formulación de dietas para cerdos. III Reunión Proteína Aminoácidos. Fermentaciones Mexicanas S.A. México D.F.
- Tejada, H.I. 1985. Manual de laboratorio para análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal. 1a Reimpresión. PAIEPEME, A.C. México.
- Velázquez, M., J.Ly y T.R.Preston. 1969. Digestible and metabolizable energy values for pigs of diets based on high-test molasses or final molasses and sugar. *J. Anim. Sci.* 29:578.
- Verstegen, M.W.A., W.H.Close, I.B.Start y L.E.Mount. 1973. The effects 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.
- Wolynetz, M.S. y I.R. Sibbald. 1984. Relationships between apparent and true metabolizable energy and the effects of a nitrogen correction. *Poult. Sci.* 63:1386.
- Wu, J.F. y R.C.Ewan. 1979. Utilization of energy of wheat and barley by young swine. *J. Anim. Sci.* 49:1470.
- Yen, J.T., J.D.Brooks y A.H.Jensen. 1974. Metabolizable energy value of corn gluten feed. *J. Anim. Sci.* 39:335.

FACTIBILIDAD DEL USO DE LA MELAZA EN LA FORMULACION COMERCIAL

En la fabricación de piensos la inclusión de niveles altos de melaza aumenta el tiempo de mezclado y se disminuye la eficiencia en el uso de la fábrica de alimentos. A nivel de las granjas, genera problemas en el almacenado y distribución de los alimentos, requiriendo un mayor uso de la mano de obra y la modificación substancial del equipo (e.g., comederos y tolvas). Estos problemas requieren de consideraciones económicas peculiares a la explotación, lo que exige su evaluación en la misma, por lo tanto estos problemas deberán cuantificarse, junto con el costo de las raciones, antes de concluir sobre la posibilidad de abaratar los costos de producción por concepto de alimentación (Loeza et al., 1987).

Integrando los conceptos vertidos en los capítulos precedentes, para la formulación comercial de raciones (por programación lineal a costo mínimo), se procedió al cálculo de cuatro dietas para, que tomando como ejemplo, cerdos de los 50 kg en adelante, difirieron solo por la restricción impuesta al límite inferior de energía y la corrección, por el mismo, del contenido de proteína y aminoácidos por el consumo esperado (cuadro 28); de la composición resultante, incluyendo los niveles de melaza, se predijo la respuesta animal (por extrapolación de las observaciones experimentales), para calcular los costos por kg de peso ganado por concepto de alimentación. Los precios de la dietas se presentan en función (como %) del precio de la dieta sin melaza (e.g., sin melaza = 100), calculado exclusivamente por el costo de los ingredientes y sus proporciones.

Al relajar las demandas de energía en la formulación se favorece la inclusión de melaza, abaratándose el costo de la dieta, siempre y cuando se permita una menor concentración de proteína, lo que reduce los costos de producción aun cuando la conversión alimenticia empeore, por lo que no hay una relación directa entre el precio de la dieta y su efecto en la reducción de los costos de producción.

La disminución en el precio de la dieta por la inclusión de melaza y ante las restricciones descritas, es lineal hasta aproximadamente 2.85 Mcal/kg de energía metabolizable, i.e., aproximadamente 30 % de melaza (de aquí la razón de los niveles de melaza usados en los experimentos). A niveles mayores del subproducto, se va forzando un mayor uso de los concentrados proteicos, por lo que, en las condiciones actuales de mercado, se va encareciendo el precio de la dieta y empeorando el costo de producción. Esto define una respuesta cuadrática, por lo que

aplicando la ecuación correspondiente a los costos / kg de peso ganado:

$$Y = 376.93 - 3.84 X + 0.09 X^2,$$

se puede estimar la repercusión de la inclusión de diferentes niveles de melaza; para que esto sea válido se requiere que la relación de precios entre los ingredientes se mantenga.

CUADRO 28

RESPUESTA ECONOMICA A LA FORMULACION INCLUYENDO NIVELES CRECIENTES DE MELAZA

INGREDIENTES, % a				
Sorgo molido	85.06	71.29	55.97	45.97
Pasta de soya	11.91	11.94	12.30	14.43
Aceite crudo	1.42	- -	- -	- -
Melaza	- -	15.42	30.00	38.20
L-lisina.HCl	0.06	0.05	- -	- -
COMPOSICION CALCULADA				
Proteina cruda, %	13.00	12.18	11.37	11.68
Lisina, %	0.63	0.55	0.49	0.54
EM, Mcal/kg	3.2	3.00	2.86	2.80
RESPUESTA PRODUCTIVA				
Consumo, kg/día	2.80	2.98	3.00	3.15
Ganancia, kg/día	0.75	0.75	0.73	0.70
Costo de la dieta, %	100.00	88.00	80.00	79.00
Costo por kg de peso ganado.	373.00	350.00	329.00	355.00

a La diferencia a 100 % incluye vitaminas y minerales.

Asi en las condiciones actuales de mercado, el precio de la dieta (solo por el costo de los ingredientes) que no incluyó melaza se calculó en \$ 536.53 MN/kg, por lo que sustituyendo en la ecuación anterior el valor de Y al origen por el costo de producción por concepto de alimentación con este precio (con los datos en el cuadro 28), se puede calcular el comportamiento productivo al usar diferentes niveles de melaza:

Nivel de melaza, %	Costo de producción, \$/kg
-----	-----
0	2,003.05
15	1,965.70
30	1,968.50
45	2,012.50

Adicionalmente con la ecuación de regresión se puede calcular el punto de inflexión de la curva, que representará el porcentaje de melaza al que se optimizan los costos de producción; con los datos anteriores, este resultó en un nivel de melaza equivalente al 21.85 % (con \$ 1,962.11/kg como costo).

La finalidad de este análisis es mostrar la dinámica en la aproximación para determinar los niveles de melaza recomendables, esto es, no puede trabajarse con un nivel estático de inclusión, con lo mismo, estas ecuaciones tendrán que calcularse cada vez que la relación en los precios de los ingredientes cambie y/o se altere el potencial productivo o demandas nutricionales de los animales, lo que subraya el valor de las tendencias de comportamiento sugeridas en los capítulos anteriores. En conclusión, el valor del ingrediente esta en función de sus características y no de su potencial de sustitución.