

CIAT

Serie 05SS - 3
1a. reimpression
Noviembre 1978



~~Subproductos~~ de la caña de azúcar en la nutrición porcina

JULIAN BUITRAGO A.
HECTOR OBANDO B.
JEROME H. MANER
MANUEL CORZO M.
ALBERTO MONCADA B.

NO QUITAR
CARATULA

Instituto Colombiano Agropecuario, ICA
Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT

El CIAT es una institución sin ánimo de lucro, dedicada al desarrollo agrícola y económico de las zonas bajas tropicales. Su sede principal ocupa un terreno de 522 hectáreas, propiedad del gobierno de Colombia el cual, en su calidad de país anfitrión, brinda apoyo a las actividades del CIAT. La subse de Quilichao, situada cerca de Santander de Quilichao, Departamento del Cauca, tiene una extensión de 184 hectáreas y es propiedad de FES (Fundación para la Educación Superior), la cual arrienda el terreno al CIAT. El Centro trabaja en colaboración con el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) en varias de sus estaciones experimentales y también con agencias agrícolas a nivel nacional en otros países de América Latina. Varios miembros del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR) financian los programas del CIAT. Los donantes en 1977 fueron: La Agencia Estadounidense para el Desarrollo Internacional (USAID), la Fundación Rockefeller, La Fundación Ford, La Fundación W.K. Kellogg, la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (CiDA) el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF) por intermedio de la Asociación Internacional del Desarrollo (IDA), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y los gobiernos de Australia, Bélgica, la República Federal Alemana, Holanda, el Japón, Suiza y el Reino Unido. Además, algunas de estas entidades, el Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo del Canadá (IDRC) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), financian proyectos especiales. La información y conclusiones contenidas en esta publicación no reflejan necesariamente la posición de ninguna de las instituciones, fundaciones o gobiernos mencionados.

Serie 05SS - 3
1a. reimpression
Noviembre 1978



CIAT-001
000223

Subproductos de la caña de azúcar en la nutrición porcina

CIAT
BIBLIOTECA
50939 25 MAYO 1981

JULIAN BUITRAGO A.
HECTOR OBANDO B.
JEROME H. MANER
MANUEL CORZO M.
ALBERTO MONCADA B.

8498

Instituto Colombiano Agropecuario ICA
Apartado Aéreo 7984 Bogotá, Colombia
Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT
Apartado Aéreo 67-13, Cali, Colombia
Cables CINATROP

Al preparar el presente trabajo se ha tratado de reunir la información más relevante sobre problemas básicos y aplicados relacionados con el uso de melaza y azúcar de caña en alimentación porcina.

En la parte inicial del trabajo se analizan algunas cifras estadísticas sobre el potencial de los subproductos de caña de azúcar en América Latina. Posteriormente, se presenta una información general sobre la composición química y el valor nutritivo de estos subproductos. La parte siguiente se dedica a la presentación de diferentes sistemas de alimentación para cerdos basados en melaza y azúcar. Se presentan varias alternativas para las diferentes fases de producción: crecimiento, acabado, gestación y lactancia. Finalmente, se incluye un breve comentario sobre el uso de otros subproductos de caña de azúcar en alimentación de cerdos (melaza enriquecida, melaza integral y cachaza).

Este compendio se ofrece como material de referencia a porcicultores localizados en zonas productoras de caña de azúcar, siempre y cuando los subproductos del azúcar compitan favorablemente con los precios de otros productos carbohidratados. También va dirigido a especialistas en producción porcina, presentando los resultados de trabajos recientes que ofrecen una revisión integral y breve sobre la situación actual de la investigación con melaza y azúcar de caña en nutrición porcina.

La mayor parte de la información presentada se basa en los resultados de experimentos efectuados mediante proyectos de cooperación entre el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Se agradece la colaboración en algunos de estos trabajos a los doctores Iván Jiménez, Roberto Portela, Jorge T. Gallo, Arthur Owen, Edmundo García, Guillermo Gómez y Albert Clawson.

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCION	7
POTENCIAL DE LA CAÑA DE AZUCAR EN AMERICA LATINA	8
VALOR NUTRITIVO DE PRODUCTOS DERIVADOS DEL AZUCAR	8
MELAZA FINAL EN ALIMENTACION PORCINA	11
Cerdos en crecimiento y acabado	11
Hembras en reproducción	25
AZUCAR CRUDA Y AZUCAR REFINADA EN ALIMENTACION PORCINA	27
Cerdos en crecimiento y acabado	29
Hembras en reproducción	32
OTROS SUBPRODUCTOS DE AZUCAR EN ALIMENTACION PORCINA	33
Melaza enriquecida	33
Melaza integral	36
Cachaza	36
RESUMEN Y CONCLUSIONES	37
REFERENCIAS	39

Julián Buitrago, Héctor Obando,
Jerome H. Maner, Manuel Corzo
y Alberto Moncada

INTRODUCCION

La lenta evaluación del potencial de productividad en regiones tropicales también ha influido en la escasa información sobre las fuentes de energía vegetal y sus subproductos, de usufructo potencial en nutrición animal (caña de azúcar, yuca o casava, bananos, etc.). Mientras que la información relacionada con la utilización en nutrición animal de cereales (maíz, sorgo, trigo) y otros productos típicos de regiones con mayor desarrollo tecnológico es completa y estructurada, cuando se refiere a productos netamente tropicales, es por el contrario, bastante limitada. Los pocos estudios disponibles no ofrecen soluciones completas a los problemas básicos que limitan el aprovechamiento de todo el potencial existente. El simple hecho de que el gran volumen de la alimentación de aves y cerdos se hace a base de cereales (maíz, trigo, sorgo), mientras productos de mayor rendimiento energético por unidad de superficie (caña de azúcar, yuca), sólo constituyen una fracción insignificante de la ración, comprueba la verdad de las afirmaciones anteriores. A este respecto, Preston y Hagelberg (1967) consideran que la caña de azúcar (incluyendo el conjunto de azúcar y melaza), pueden producir mayor cantidad de carbohidratos disponibles que cualquier otro cultivo en zonas tropicales. Sin embargo, su uso en nutrición animal sólo representa un porcentaje muy pequeño, comparado con los granos de cereales que compiten directamente con nutrición humana.

El cerdo ofrece una situación favorable sobre otras especies (rumiantes y aves), que le permite mayor flexibilidad para utilización de subproductos del azúcar como fuente de energía en la dieta. La mejor eficiencia, con respecto a rumiantes, para convertir azúcares simples en proteína y grasa animal y, por otra parte, la dificultad que se presenta en aves como consecuencia del efecto laxante que produce el azúcar crudo y la melaza final, sitúan al cerdo en posi-

ción ventajosa para aprovechamiento de niveles altos de estos productos en raciones concentradas.

En el siguiente estudio se incluye un análisis sobre la información relacionada con el uso de la caña de azúcar y sus subproductos en alimentación de cerdos, haciendo énfasis sobre los principales factores que limitan su utilización en dietas regulares para cerdos.

POTENCIAL DE LA CAÑA DE AZUCAR EN AMERICA LATINA

Cifras sobre la producción anual de azúcar y melaza en algunos países de América se incluyen en el Cuadro 1. La mayoría de estos países disponen de condiciones favorables que permiten dedicar una fracción considerable de los productos derivados del azúcar para alimentación animal. Los rendimientos en términos de energía disponible por unidad de superficie, superan ampliamente las cifras correspondientes a los granos de cereales convencionales. Así, por ejemplo, con la tecnología existente, la producción de azúcar expresada como miel completa o melaza enriquecida (miel de caña altamente concentrada, sin previa extracción del azúcar que ha sido invertida parcialmente para prevenir cristalización) alcanza valores promedios de 10-25 ton/ha (Preston y Willis, 1969). El rendimiento promedio de la caña de azúcar en la mayoría de los países de Latinoamérica fluctúa entre 50 y 100 ton/ha (FAO, 1972). Se considera que una tonelada de caña produce aproximadamente 80-100 kg de azúcar y 25-50 kg de melaza (Scott, 1953; Obando et al., 1969; Zorrilla y Merino, 1970).

VALOR NUTRITIVO DE PRODUCTOS DERIVADOS DEL AZUCAR

Entre las materias primas que se obtienen durante el proceso de producción de azúcar, la melaza y el azúcar han servido de base para la mayor parte de la investigación realizada en nutrición animal. Scott (1953) y Ferrando y Theodossiadis (1960) han publicado trabajos de revisión detallados sobre el uso de subproductos del azúcar en alimentación de varias especies animales. Estos subproductos son fuentes esencialmente energéticas, debido a que la casi totalidad de la materia seca está representada por monosacáridos y disacá-

Cuadro 1. Producción de azúcar y melaza en los países de mayor producción en América.

País	Azúcar cruda* (Miles de toneladas)	Melaza** (Miles de toneladas)
Argentina	1.487	446
Bolivia	204	61
Brasil	7.950	2.385
Chile	127	38
Colombia	897	269
Costa Rica	176	53
Cuba	5.935	1.780
Ecuador	292	88
El Salvador	201	60
Estados Unidos	5.034	1.510
Guatemala	325	97
Jamaica	387	116
México	2.837	851
Nicaragua	160	48
Panamá	104	31
Perú	1.019	306
República Dominicana	1.214	364
Uruguay	105	32
Venezuela	554	166

* FAO. Anuario de Producción. Volumen 28. Cifras para 1974.

** Usando una tasa de rendimiento de 30 kg de melaza por cada 100 kg de azúcar.

ridos de alta digestibilidad y absorbabilidad en especies monogástricas. El extracto no nitrogenado de la materia seca constituye desde el 100 por ciento en azúcar refinada hasta 70-80 por ciento en algunos tipos de melaza. El porcentaje restante de este último producto, está representado principalmente por humedad, ceniza y compuestos nitrogenados. En el Cuadro 2 se ilustra la com-

Cuadro 2. Composición química de varios tipos de azúcar y de melaza.

Porcentaje	Melaza final			Melaza de alto grado (40)	Azúcar refinada (45)	Azúcar cruda (45)
	E.U. (32)	Colombia (20)	Cuba (26)			
Humedad	25.0	22.0	23.1	23.9	0.5	2.1
Azúcares	52.2	62.0	52.0	69.0	99.5	96.4
Proteína	3.0	2.3	3.4	1.07	0	0
Ceniza	8.10	8.81	5.51	2.03	0	1.5
Ca	0.60	0.64	0.71	0.22	0	85 (mg)
P	0.07	0.05	0.06	0.05	0	19 (mg)
K	2.6	n.r.	2.00	0.58	3 (mg)	30 (mg)
Na	0.2	n.r.	0.83	0.16	1 (mg)	344 (mg)
Mg	0.3	n.r.	0.45	0.11	n.r	n.r.

n.r. Valores no reportados.

posición química de varias muestras de azúcar y de melaza. En el Cuadro 3 se incluye información complementaria sobre vitaminas del complejo B y otros compuestos presentes en la melaza final.

Cuadro 3. Otros elementos menores presentes en la melaza final.

Componentes	Melaza final
Gomas solubles (Xilanos, arabanos, pectinas), %	3.5
Acido láctico, %	1.5
Riboflavina, mg/kg	3.3
Niacina, mg/kg	11.0
Acido pantoténico, mg/kg	17.6
Colina, mg/kg	880.0
Biotina, mg/kg	0.77

Uno de los mayores problemas que se afronta cuando se utilizan subproductos del azúcar en raciones para animales, radica en la gran variabilidad de la composición química. La edad, tipo y calidad de la caña, sistema de recolección y procesamiento, son algunos de los factores que pueden modificar drásticamente el contenido de nutrientes en la melaza y otros productos derivados del azúcar. Así, por ejemplo, el porcentaje de cenizas en distintos tipos de melaza es altamente variable, especialmente la concentración de K, Na y Mg, que en gran parte dependen del grado de fertilización del cultivo.

Estos y otros minerales menores (Fe, Cu, Al, Zn, Mn) también varían considerablemente según el tipo de recolección, pues mientras la caña cortada y cosechada a mano generalmente llega limpia al ingenio, la caña cosechada mecánicamente contiene gran cantidad de suelo e impurezas que van a ser depositadas en la melaza final. Es posible, que en el futuro, con la tendencia a aumentar la mecanización en la recolección de caña, también se presenten nuevos problemas con minerales menores y con otros elementos ajenos a la composición química de los subproductos del azúcar. En el Cuadro 4, se incluye un análisis químico realizado por Van Soest (1972) en muestras de melaza procedente de varios ingenios en Puerto Rico, donde se demuestra la gran variabilidad en la proporción de algunos minerales, aún en el caso de cultivos localizados en la misma área.

MELAZA FINAL EN ALIMENTACION PORCINA

Cerdos en crecimiento y acabado

Los primeros trabajos de investigación con melaza en alimentación porcina, parecen haberse realizado en Hawai (Henke, 1933), Estados Unidos (Burns, 1909; Barnett y Godell, 1923) y Filipinas (Gochangco, 1933). Desde entonces, dos problemas principales se han identificado como mayores limitantes para el uso de niveles altos de este subproducto. En primer lugar, cantidades superiores de 30 por ciento de la ración, producen efectos laxantes en cerdos de todas las edades, con mayor gravedad en lechones y en cerdos durante la fase inicial de crecimiento. Por otra parte, a medida que se incrementa el nivel de melaza, se produce un efecto diluyente de la concentración

Cuadro 4. Composición mineral de varios tipos de melaza procedentes de Puerto Rico.

Ingenio	Porcentaje de melaza total								PPM*			
	Ceniza	SiO ₂	P	Ca	K	Mg	Na	Fe	Al	Zn	Mn	Cu
Aguirre	8.9	.43	.07	.56	3.55	.57	.16	.048	.039	39	59	40
Juncos	7.1	.95	.09	.87	1.47	.27	.09	.220	.225	65	188	29
Cambalache	8.6	.67	.11	.71	2.39	.63	.10	.138	.166	133	113	189
Cortada	9.9	.28	.11	1.00	1.89	.37	.16	.290	.280	44	278	45
Diluido	10.8	.30	.06	.64	3.68	.58	.20	.036	.029	46	46	36
Eureka	6.8	.29	.04	.51	1.80	.48	.07	.021	.014	39	32	14
Fajardo	8.1	.41	.05	1.22	2.32	.23	.35	.066	.061	61	67	60
Mercedita	9.8	.27	.05	1.68	3.58	.33	.13	.044	.029	11	38	64
Monserrate	8.8	.54	.08	.30	2.83	.72	.11	.068	.091	89	43	27
Roig	10.0	.86	.08	1.20	3.33	.31	.19	.072	.096	92	87	70
S. Francisco	8.3	.38	.15	.73	2.46	.43	.16	.036	.031	49	51	22

* Partes por millón.

Fuente: Van Soest, P. (1972).

de energía en la dieta, que se refleja en menores ganancias de peso.

En los estudios iniciales de Henke (1933) y Willett *et al.* (1946), se indica que 20 por ciento de melaza en remplazo de granos cereales de la ración, es el límite máximo que permite ganancias de peso satisfactorias en cerdos jóvenes. Iwanaga y Otagaki (1959) demostraron que la tolerancia a la melaza aumenta en cerdos de mayor peso y edad. En este estudio se reportó que cerdos con pesos de 13-34, 68 ó 69-90 kg, presentaban diarrea cuando el contenido de melaza en la dieta era superior a 10, 20 ó 30 por ciento, respectivamente. Otros investigadores (Blanco *et al.*, 1964; Moncada y Maner, 1964; Iwanaga *et al.*, 1959; Preston y Willis, 1969), han confirmado repetidamente el efecto laxante de dietas para cerdos de todas las edades cuando la concentración de melaza es mayor de 30 por ciento.

Sin embargo, niveles inferiores a 30 por ciento han sido usados satisfactoriamente en la mayoría de los casos. El bajo costo por unidad de energía y la amplia disponibilidad, son factores que favorecen un incremento en el uso de este subproducto para alimentación de cerdos en el trópico. De acuerdo con Bray et al., (1945), Scott (1953), Morrison (1965) y De Alba (1968), la melaza alcanza un valor nutritivo equivalente a 70-80 por ciento con relación al maíz. Por otra parte, el valor comercial de este producto en la mayoría de los países de América Latina es inferior al 50 por ciento con respecto al costo del maíz, razón por la cual constituye una de las fuentes energéticas más económicas. Otros factores que deben tenerse en consideración para el balance adecuado de dietas concentradas que contienen melaza, incluyen el bajo contenido de proteína, el alto porcentaje de ceniza y la ausencia de fibra y grasa.

En el Cuadro 5, se presenta un resumen sobre investigaciones recientes relacionadas con el uso de varios niveles de melaza en dietas para cerdos en crecimiento y acabado. En la mayoría de estos reportes la ración fue suplementada con torta de soya y maíz para proporcionar niveles de proteína alrededor de 14-16 por ciento.

En casi todos los estudios anteriores se señala una disminución en la eficiencia de conversión alimenticia a medida que el porcentaje de melaza aumenta en la dieta. Este efecto, como es natural, se debe a que mayores niveles de melaza aumentan la humedad de la dieta y disminuyen la concentración energética. En estas condiciones, el cerdo consume mayor cantidad de alimento para mantener un consumo constante de energía digestible por día. Por esta misma razón, es posible que los aumentos diarios de peso puedan mantenerse iguales a los aumentos logrados con raciones de mayor concentración energética, como ha sido reportado por Iwanaga y Otagaki (1960) y Obando et al. (1969).

En experimentos conducidos por Corzo et al. (1968) se compararon tres niveles de proteína (13, 16 y 19 por ciento) en dietas con 15, 22.5 ó 30 por ciento de melaza. En los Cuadros 6, 7 y 8 se incluye la composición de las dietas utilizadas y los resultados del rendimiento de cerdos en crecimiento y acabado

Cuadro 5. Efecto de diferentes niveles de melaza en rendimiento de cerdos en crecimiento y acabado.

Nivel de melaza	Rango de peso (cerdos)	Aumento de peso diario, kg	Alimento/ganancia	Investigador
5%	(50 - 85)	-	3.96	Bravo y Cabello (1968)
10%	(13 - 45)	0.66	2.12	Combs y Wallace (1969)
10%	(50 - 85)	-	4.20	Bravo y Cabello (1968)
10%	-	0.76	3.44	Brooks e Iwanaga (1967)
15%	(60 - 100)	0.82	3.79	Blanco y col. (1964)
15%	(20 - 90)	0.77	3.31	Obando y col. (1969)
15%	(50 - 85)	-	4.62	Bravo y Cabello (1968)
20%	(13 - 45)	0.72	2.42	Combs y Wallace (1970)
22.5%	(20 - 90)	0.76	3.63	Obando y col. (1969)
30%	(20 - 90)	0.72	3.65	Obando y col. (1969)
30%	(60 - 100)	0.75	3.96	Blanco y col. (1964)
30%	(13 - 45)	0.65	2.39	Combs y Wallace (1970)
40%	(40 - 90)	0.60	4.06	Iwanaga y Otagaki (1959)
40%	(13 - 45)	0.60	2.53	Combs y Wallace (1970)
45%	(60 - 100)	0.67	4.34	Blanco y col. (1964)

(20 a 90 kg). No se obtuvieron ventajas de importancia en el rendimiento de los cerdos al incrementar el nivel de proteína en las dietas con melaza. El aumento de peso diario siempre fue igual o superior en las dietas que contenían melaza, al compararlas con la dieta testigo (maíz-torta de soya). Niveles hasta de 30 por ciento de melaza fueron bien soportados por los cerdos, observándose ganancias de peso similares a las que se obtienen con dietas a base de maíz y torta de soya. Sin embargo, en los tratamientos con melaza se observó una tendencia hacia un mayor consumo de alimento y de la cantidad de alimento requerido por kilo de aumento de peso. En términos de costos de producción parece que la mejor ventaja económica puede lograrse con niveles

Cuadro 6. Varios niveles de melaza en dietas con 13 por ciento de protefina para cerdos en crecimiento y acabado (20-90 kg).

	Testigo	15% Melaza	22.5% Melaza	30% Melaza
DIETAS (Porcentaje)				
Melaza	0	15.00	22.50	30.00
Torta de soya	8.55	11.72	13.30	13.87
Maíz amarillo	88.75	70.58	61.50	53.43
Harina de huesos	2.00	2.00	2.00	2.00
Sal yodada	0.50	0.50	0.50	0.50
Minerales y vitaminas	0.20	0.20	0.20	0.20
RENDIMIENTO				
Aumento diario, kg	0.69	0.74	0.71	0.75
Consumo alimento diario, kg	2.24	2.79	2.51	2.86
Alimento/ganancia	3.25	3.77	3.54	3.82

Fuente: Corzo et al. (1968).

de melaza en la dieta de 20 a 30 por ciento y con un nivel de protefina de 13 por ciento.

El remplazo total de los granos de cereales por la combinación de melaza y azúcar ha sido evaluado en dietas isoproteicas en base a torta de soya (Buitrago et al., 1975) o torta de algodón (Buitrago et al., 1975). Se utilizaron raciones con 15 y 12 por ciento de protefina en crecimiento y acabado, respectivamente.

En todos los tratamientos del experimento con torta de soya (30 por ciento), se lograron rendimientos iguales o superiores a los obtenidos con raciones convencionales a base de cereales (maíz o sorgo) y torta de soya, tanto en la fase de crecimiento (Cuadro 9) como en acabado (Cuadro 10). No se observa-

Cuadro 7. Varios niveles de melaza en dietas con 16 por ciento de proteína para cerdos en crecimiento y acabado (20-90 kg).

	Testigo	15% Melaza	22.5% Melaza	30% Melaza
DIETAS (Porcentaje)				
Melaza	0	15.00	22.50	30.00
Torta de soya	16.05	19.30	20.70	22.40
Maíz amarillo	80.75	62.87	54.10	44.90
Harina de huesos	2.00	2.00	2.00	2.00
Carbonato de calcio	0.50	0.13	-	-
Sal yodada	0.50	0.50	0.50	0.50
Minerales y vitaminas	0.20	0.20	0.20	0.20
RENDIMIENTO				
Aumento diario, kg	0.72	0.82	0.74	0.69
Consumo alimento diario, kg	2.44	2.57	2.76	2.47
Alimento/ganancia	3.39	3.13	3.73	3.58

Fuente: Corzo et al. (1968)

ron diferencias significativas entre tratamientos asociados con el nivel de sodio, potasio y magnesio en el suero sanguíneo.

En el experimento a base de melaza, azúcar y torta de algodón como únicas fuentes de energía y proteína, se utilizó la torta de algodón a un nivel de 35 por ciento en crecimiento y de 28 por ciento en acabado. Las dietas fueron adicionadas con sulfato ferroso en concentración de 0.2 por ciento y 0.25 por ciento durante crecimiento y acabado, respectivamente. No se observaron efectos adversos en el rendimiento como resultado del alto porcentaje de torta de algodón (Cuadros 11 y 12). El efecto laxante de la melaza disminuyó considerablemente en este tipo de dietas. La eficiencia alimenticia se afectó ligeramente a medida que aumentó el nivel de melaza en crecimiento. Durante acabado, dietas hasta con 30 por ciento de melaza y 28 por ciento de torta de algodón, sostuvieron niveles de rendimiento comparables a los de dietas

Cuadro 8. Varios niveles de melaza en dietas con 19 por ciento de proteína para cerdos en crecimiento y acabado (20-90 kg).

	Testigo	15% Melaza	22.5% Melaza	30% Melaza
DIETAS (Porcentaje)				
Melaza	0	15.00	22.50	30.00
Torta de soya	23.55	26.70	28.30	29.90
Maíz amarillo	73.25	55.50	46.50	37.40
Harina de huesos	2.00	2.00	2.00	2.00
Carbonato de calcio	0.50	0.10	-	-
Sal yodada	0.50	0.50	0.50	0.50
Minerales y vitaminas	0.20	0.20	0.20	0.20
RENDIMIENTO				
Aumento diario, kg	0.77	0.74	0.74	0.72
Consumo alimento diario, kg	2.55	2.56	2.53	2.52
Alimento/ganancia	3.31	3.46	3.42	3.50

Fuente: Corzo et al. (1968).

con maíz-torta de soya, tanto en ganancia de peso como en eficiencia alimenticia.

Otro experimento complementario (Buitrago et al., 1975) de los estudios anteriores fue desarrollado con la variante de que dos de los tratamientos fueron suplementados con semilla integral de soya en remplazo de torta de soya (Cuadro 13). La semilla de soya fue cocinada en agua en ebullición (100°C) durante 15 minutos y posteriormente deshidratada al sol para incluirla en forma de harina a las raciones secas. El rendimiento en términos de ganancia de peso fue superior en las dietas que contenían la combinación melaza-azúcar-torta de soya (o semilla de soya) en relación con la dieta testigo (maíz-torta de soya). Al comparar el rendimiento de las dietas con torta de soya y con semi-

Cuadro 9. Utilización de melaza, azúcar y torta de soya como única fuente de energía y proteína para cerdos en crecimiento (20-50 kg).

	Relación melaza : Azúcar			
	10:56	20:46	30:36	40:26
DIETAS (Porcentaje)				
Melaza	10.00	20.00	30.00	40.00
Azúcar	56.30	46.30	36.30	26.30
Torta de soya	30.00	30.00	30.00	30.00
Sal yodada	0.50	0.50	0.50	0.50
Harina de huesos	3.00	3.00	3.00	3.00
Minerales y vitaminas	0.20	0.20	0.20	0.20
RENDIMIENTO				
Aumento diario, kg	0.80	0.81	0.80	0.66
Consumo alimento diario, kg	2.38	2.43	2.34	2.16
Alimento/ganancia	2.97	3.00	2.93	3.27

Fuente: Buitrago et al. (1975).

lla de soya, se observó que estas últimas produjeron resultados iguales o superiores a los obtenidos con torta de soya.

También Preston y Willis (1969) y MacLeod et al. (1968) han evaluado la adición de azúcar crudo a la melaza antes de ser incorporada a la dieta final, o bien, utilizando directamente miel enriquecida. De esta manera se reduce el porcentaje de ceniza en la dieta, además de incrementarse la concentración energética. Los resultados (Preston y Willis, 1970) han demostrado que niveles de melaza hasta de 60 por ciento pueden ser usados favorablemente cuando en la mezcla se incluye 20-60 por ciento de azúcar cruda (Cuadro 14).

Los trastornos producidos por alta concentración de melaza en la ración, han sido atribuidos a efectos osmóticos causados por la excreción de la gran cantidad de iones de potasio en la melaza final. Experimentos realizados por

Cuadro 10. Utilización de melaza, azúcar y torta de soya como única fuente de energía y proteína para cerdos en ceba (50-90 kg).

	Relación melaza : azúcar			
	10:61	20:51	30:41	40:31
DIETAS (Porcentaje)				
Melaza	10.00	20.00	30.00	40.00
Azúcar	61.30	51.30	41.30	31.30
Torta de soya	25.00	25.00	25.00	25.00
Sal yodada	0.50	0.50	0.50	0.50
Harina de huesos	3.00	3.00	3.00	3.00
Minerales y vitaminas	0.20	0.20	0.20	0.20
RENDIMIENTO				
Aumento diario, kg	0.85	0.90	0.87	0.85
Consumo alimento diario, kg	3.25	3.51	3.44	3.76
Alimento/ganancia	3.83	3.90	3.95	4.43

Fuente: Buitrago et al. (1975).

Obando et al. (1968) adicionando sales de potasio (carbonato de potasio y acetato de potasio) a dietas normales, en concentración igual o superior a la cantidad presente en una dieta con 30 por ciento de melaza, no produjeron cambios en la consistencia de las materias fecales ni en el rendimiento de los cerdos. Sin embargo, cuando se utilizó sulfato de potasio y cloruro de potasio, en condiciones similares al estudio anterior, se observó un aumento significativo en la humedad de las heces, aunque en menor grado que en dietas con 30 por ciento de melaza (Maner et al., 1969a). En otra parte del mismo estudio se reportó que la adición de ceniza de melaza en cantidad equivalente a una dieta con 30 por ciento de melaza final, no produjo mayor humedad en las heces, aunque el aumento diario de peso resultó ligeramente inferior.

Velásquez et al. (1969) y Ly y Velásquez (1969) sugieren la posibilidad de que parte del efecto laxante producido por la melaza final en cerdos, se debe

Cuadro 11. Utilización de melaza, azúcar y torta de algodón como única fuente de energía y proteína para cerdos en crecimiento (20-50 kg).

	Relación melaza: azúcar				
	10:56	10:51	20:41	30:31	40:21
DIETAS (Porcentaje)					
Melaza	10.00	10.00	20.00	30.00	40.00
Azúcar	56.30	51.10	41.10	31.10	21.10
Torta de algodón	-	35.00	35.00	35.00	35.00
Torta de soya	30.00	-	-	-	-
Sal yodada	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Harina de huesos	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Minerales y vitaminas	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Sulfato ferroso	-	0.20	0.20	0.20	0.20
RENDIMIENTO					
Aumento diario, kg	0.66	0.63	0.63	0.63	0.53
Consumo alimento diario/kg	2.07	2.05	2.10	2.16	1.92
Alimento/ganancia	3.14	3.26	3.33	3.43	3.63

Fuente: Buitrago *et al.* (1975).

a una insuficiencia en sucrasa intestinal para hidrolizar completamente la gran proporción de sucrosa presente en este subproducto. McLeod *et al.* (1968) también señalan la presencia de otros azúcares, que son hidrolizados muy lentamente (ej. rafinosa), como agentes coadyuvantes en el aumento de humedad en las heces.

La adición de niveles altos de vitaminas del complejo B parece prevenir parcialmente la diarrea causada por porcentajes elevados de melaza en dietas para aves. Sin embargo, en cerdos, no se observó ninguna respuesta favorable mediante doble suplementación con vitaminas del complejo B (Obando *et al.*, 1969).

Uno de los métodos que logran prevenir en gran parte la diarrea producida por niveles altos de melaza, consiste en la inclusión de productos fibro-

Cuadro 12. Utilización de melaza, azúcar y torta de algodón como única fuente de energía y proteína para cerdos en ceba (50-90 kg).

	Relación melaza: azúcar				
	10:61	10:58	20:48	30:38	40:28
DIETAS (Porcentaje)					
Melaza	10.00	10.00	20.00	30.00	40.00
Azúcar	61.20	58.20	48.20	38.20	28.20
Torta de algodón	-	28.00	28.00	28.00	28.00
Torta de soya	25.00	-	-	-	-
Sal yodada	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Harina de huesos	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Minerales y vitaminas	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Sulfato ferroso	-	0.15	0.15	0.15	0.15
RENDIMIENTO					
Aumento diario, kg	0.69	0.84	0.76	0.80	0.72
Consumo alimento diario, kg	2.69	3.27	2.91	2.98	3.07
Alimento/ganancia	3.90	3.89	3.83	3.73	4.26

Fuente: Buitrago *et al.* (1975).

sos en la ración. Brooks e Iwanaga (1967) incorporaron 13 por ciento de bagazo de caña en dietas con 50 por ciento de melaza, logrando en esta forma, eliminar el efecto laxante. Sin embargo, los aumentos de peso y la eficiencia de conversión alimenticia en los cerdos, disminuyeron significativamente (Cuadro 15), posiblemente como resultado de una reducción drástica en la concentración de energía digestible.

Brooks e Iwanaga (1967) y Brooks (1972) han sugerido incrementar la concentración de energía digestible en dietas con melaza mediante el uso de varios tipos de grasa. En experimentos recientes, Brooks (1972) ha demostrado que a medida que se aumenta el porcentaje de grasa, en dietas con 30-50 por ciento de melaza; los rendimientos en peso y eficiencia alimenticia de cerdos en crecimiento, mejoran proporcionalmente (Cuadro 16). Por otra parte, también en estudios realizados por Brooks (1972), usando varias com-

Cuadro 13. Utilización de melaza, azúcar, torta de soya y semilla de soya cocida como única fuente de energía y proteína para cerdos en crecimiento (20-50 kg).

		Relación melaza: azúcar			
		-	30:36	40:26	30:26
DIETAS (Porcentaje)					
Maíz	82.80	-	-	-	-
Melaza	-	30.00	40.00	30.00	40.00
Azúcar	-	36.80	26.80	26.80	16.80
Torta de soya	14.00	30.00	30.00	-	-
Semilla de soya	-	-	-	40.00*	40.00**
Sal yodada	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Harina de huesos	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Minerales y vitaminas	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
RENDIMIENTO					
Aumento diario, kg	0.60	0.61	0.67	0.72	0.64
Consumo alimento día/kg	1.78	2.12	2.23	2.25	2.33
Alimento/ganancia	2.96	3.47	3.33	3.13	3.64

* Semilla de soya cocida entera.

** Semilla de soya cocida molida.

Fuente: Buitrago et al. (1975). Información sin publicar.

binaciones de melaza-grasa-bagazo de caña y salvado de trigo, se demuestra que dietas con alto contenido de melaza y salvado de trigo, adicionadas de 10 a 20 por ciento de grasa, pueden producir rendimientos muy similares a los obtenidos con dietas controles de maíz-torta de soya (Cuadro 17).

Otro de los problemas que limitan la utilización de niveles altos de melaza en la dieta es la dificultad de mezclar cantidades superiores al 20 por ciento, además de los problemas de almacenamiento y manejo de este tipo de dietas cuando se utilizan comederos automáticos. Combs y Wallace (1972) estudiaron la alternativa de ofrecer la melaza a voluntad en comederos separados del alimento

Cuadro 14. Raciones a base de azúcar y melaza para cerdos en crecimiento y acabado.

	Mezcla de azúcar/melaza*			Melaza enriquecida
	20/60	40/40	60/20	
Peso inicial, kg	22	22	21	21
Peso final, kg	92	90	91	91
Aumento peso diario, kg	0.51	0.56	0.59	0.58
Alimento/ganancia	3.70	3.57	3.37	3.10
Materia seca en las heces, %	25.5	33.8	40.7	46.9

* Porcentaje de la dieta (materia seca). La ración fue balanceada con harina de pescado, levadura, minerales y vitaminas.

Fuente: Preston, T.R. y M.B. Willis (1970).

seco (suplemento proteínico) también suministrado a voluntad, o de mezclar la melaza con diferentes proporciones de agua, ofreciéndola a voluntad en comederos separados del alimento seco, el cual se suministró en cantidad controlada

Cuadro 15. Uso de bagazo de caña en dietas con altos niveles de melaza final para cerdos en crecimiento.

	Maíz-soya	Melaza (10%)	Melaza (50%) Bagazo (13%)
Aumento peso diario, kg*	0.72	0.76	0.55
Alimento/ganancia	3.19	3.44	5.22
Grasa dorsal, cm	2.7	2.8	2.5
E.D. en la ración, kcal, %	341	320	239
E.D./g ganancia, kcal	10.9	11.0	12.5

* Peso inicial, 17 kg. Peso final, 82 kg.

Fuente: Brooks, C.C. e I.I. Iwanaga (1967).

Cuadro 16. Efectos de varios tipos y niveles de grasa en dietas a base de maíz o melaza para cerdos en crecimiento.

Ración	Aumento de peso diario, kg	Alimento/ganancia	Kcal E.D./gramo ganancia
Maíz basal:			
78% maíz + 0% grasa	0.70	3.0	10.5
60% maíz + 10% aceite soya	0.72	2.3	9.7
60% maíz + 10% sebo	0.69	2.6	10.1
60% maíz + 10% grasa mixta	0.70	2.4	9.3
42% maíz + 20% aceite soya	0.72	2.3	10.1
42% maíz + 20% sebo	0.70	2.4	10.5
42% maíz + 20% grasa mixta	0.72	2.4	10.5
Melaza basal:			
53% melaza + 5% aceite soya	0.59	3.7	9.9
53% melaza + 5% sebo	0.58	3.8	10.2
53% melaza + 5% grasa mixta	0.60	3.6	9.7
43% melaza + 10% aceite soya	0.64	3.0	9.2
43% melaza + 10% sebo	0.64	3.1	9.6
43% melaza + 10% grasa mixta	0.64	3.0	9.2
28% melaza + 20% aceite soya	0.64	2.8	10.4
28% melaza + 20% sebo	0.63	2.7	10.1
28% melaza + 20% grasa mixta	0.64	2.7	10.1

Fuente: Brooks, C.C. (1972).

(0.92 kg/animal/día). En el primer caso (Cuadro 18) los cerdos consumieron un exceso del suplemento proteínico debido a la dificultad que demostraron para consumir la melaza en forma integral (80 por ciento materia seca). En el segundo experimento (Cuadro 19), a medida que se incrementó la cantidad de agua adicionada a la melaza, mejoraron las ganancias de peso y la eficiencia de conversión alimenticia, aunque el rendimiento fue siempre inferior al obtenido con los cerdos del tratamiento testigo (sin melaza).

Cuadro 17. Efecto de varios niveles de melaza y grasa en dietas con bagazo o salvado de trigo para cerdos en crecimiento.

Ración	Aumento peso diario, kg	Alimento/ ganancia	Kcal E.D./ gramo ganancia
Bagazo (10%):			
53% melaza + 5% grasa	0.55	3.9	10.8
42% melaza + 10% grasa	0.61	3.4	10.6
22% melaza + 20% grasa	0.62	2.8	10.8
Salvado de trigo (20%):			
45% melaza + 5% grasa	0.63	3.4	10.7
34% melaza + 10% grasa	0.68	2.9	10.2
16% melaza + 20% grasa	0.70	2.6	10.9

Fuente: Brooks, C.C. (1972).

Hembras en reproducción

La utilización de melaza y de melaza y azúcar también ha sido evaluada durante las fases de gestación y lactancia en recientes estudios (Jiménez et al., 1975).

Cuadro 18. Utilización de melaza a voluntad para cerdos en acabado.

Parámetros	Testigo (sin melaza)	Melaza A.V.+ Suplemento A.V.*	60% melaza 40% suplemento* (mezclados)
Peso inicial, kg	43.9	43.8	43.8
Peso final, kg	96.3	83.3	90.8
Aumento peso diario, kg	0.75	0.56	0.67
Consumo alimento diario, kg	2.66	3.26**	3.21
Alimento/ganancia	3.55	5.80	4.78

* Suplemento proteínico con 40% de proteína.

** Consumo diario de melaza, 1.67 kg; consumo diario de suplemento proteínico, 1.60 kg.

Fuente: Combs, G.E., y H.D. Wallace. (1972).

Cuadro 19. Utilización de melaza diluida en agua para cerdos en acabado.

	Testigo	Suplemento proteínico controlado, más		
		89	80	67
Melaza, %		11	20	33
Agua, %				
Peso inicial, kg	51.2	51.3	51.4	51.3
Peso final, kg	103.2	73.8	79.1	79.9
Aumento peso diario, kg	0.81	0.35	0.43	0.44
Consumo diario, kg				
Melaza	-	2.29	2.04	1.81
Suplemento	-	0.93	0.93	0.93
Total	2.87	3.21	2.97	2.73
Alimento/ganancia	3.56	9.11	6.88	6.15

Fuente: Combs, G.E. y H.D. Wallace. (1972).

Durante gestación de hembras en pastoreo se realizó la comparación de dietas con alto contenido de melaza (30 por ciento) y de azúcar (30 por ciento), suplementadas con torta de algodón o con una combinación de torta de algodón y torta de soya (Cuadro 20). La información sobre comportamiento reproductivo (Cuadro 20) indicó que tanto las hembras como las camadas provenientes de tratamientos con altos niveles de melaza y azúcar tuvieron un rendimiento satisfactorio en relación con el rendimiento observado en las hembras del tratamiento testigo (maíz-torta de soya).

Durante la lactancia se llevó a cabo la comparación de un tratamiento a base de melaza-semilla de soya con tratamientos a base de semilla de soya-maíz o de torta de soya-maíz. La composición de las raciones y un resumen de resultados se incluyen en el Cuadro 21. En el tratamiento a base de melaza y semilla de soya, a pesar de observarse un peso inferior en los lechones al destete, el número fue superior, por lo cual el peso total de la camada fue superior a los otros dos tratamientos. Sin embargo, la ganancia de peso de las hembras durante lactancia fue menor para el tratamiento con melaza, a pesar de que este grupo tuvo el mayor consumo de alimento (5.7 kg/día por hembra).

Cuadro 20. Utilización de melaza y azúcar en raciones para hembras gestantes.*

	Testigo	Melaza - Azúcar	
		Soya-algodón	Algodón
DIETAS (Porcentaje)			
Melaza	-	30.00	30.00
Azúcar	-	30.30	29.30
Mafz	77.30	-	-
Torta de soya	17.00	17.00	-
Torta de algodón	-	17.00	35.00
Harina de huesos	5.00	5.00	5.00
Sal yodada	0.50	0.50	0.50
Minerales y vitaminas	0.20	0.20	0.20
RENDIMIENTO			
Hembras			
Peso a la monta, kg	165.7	152.6	159.6
Peso al parto, kg	161.4	145.4	154.4
Progenie al parto			
No. lechones vivos	9.4	9.3	10.2
Peso total camada, kg	11.2	11.2	11.8
Peso individual, kg	1.19	1.21	1.16

* Cada hembra recibió 1 kg de las dietas anteriores en pastoreo.

Fuente: Jiménez et al. (1975).

Este nivel de melaza (30 por ciento) fue responsable para que los lechones tuvieran una mayor incidencia de diarrea y permanecieran más sucios, debido a que además de consumir la dieta de la hembra, se impregnaban el cuerpo de melaza, favoreciendo la suciedad y la presencia de moscas.

AZUCAR CRUDA Y AZUCAR REFINADA EN ALIMENTACION PORCINA

En muchas oportunidades el precio de estos dos productos resulta ventajoso con respecto a los granos de cereales, por lo cual pueden usarse eco-

Cuadro 21. Utilización de melaza y semilla de soya en raciones para hembras lactantes.

	Maíz- torta de soya	Maíz- semilla de soya	Melaza- semilla de soya
DIETAS (Porcentaje)			
Maíz	81.80	76.80	36.80
Melaza	-	-	30.00
Semilla de soya*	-	20.00	30.00
Torta de soya	15.00	-	-
Harina de huesos	2.50	2.50	2.50
Sal yodada	0.50	0.50	0.50
Minerales y vitaminas	0.20	0.20	0.20
RENDIMIENTO			
Hembras			
Peso al parto, kg	161.3	144.1	145.6
Peso al destete, kg	185.4	162.0	157.4
Consumo diario, kg	4.4	5.0	5.7
Progenie al parto			
No. lechones	9.6	10.2	9.8
Peso individual, kg	1.22	1.09	1.16
Progenie al destete (40 días)			
No. lechones	6.5	6.7	8.5
Peso individual, kg	7.39	5.65	6.34

* Semilla de soya cocinada en agua en ebullición durante 15 minutos.

Fuente: Jiménez et al. (1975).

nómicamente como suplemento energético para alimentación de cerdos. La principal limitación en estos casos radica en el precio de los productos proteicos, ya que su contenido en la ración debe incrementarse a medida que aumenta el nivel de azúcar. Además, los cambios en el balance de aminoácidos pueden resultar drásticos al incluir niveles altos de azúcar, afectando el ren-

dimiento en peso y eficiencia alimenticia. En aves, se ha demostrado (Pérez, 1971), que la metionina es el primer aminoácido limitante en dietas con niveles de azúcar superiores a 50 por ciento y usando harina de pescado y levadura (sacaromices) como fuente de proteína.

Por otra parte, el contenido de ceniza y humedad en el azúcar cruda es relativamente bajo al compararlo con las cifras correspondientes a la melaza final, mientras que el azúcar refinada prácticamente carece de estas dos fracciones.

La suplementación de cantidades altas de azúcar no produce los trastornos digestivos asociados con el uso de altos niveles de melaza final. El bajo contenido de minerales parece ser la principal explicación de esta diferencia.

Muy poca investigación se ha realizado usando azúcar como principal fuente de energía en raciones para cerdos, debido principalmente, a que en la mayoría de los casos, el precio es superior a los granos de cereales convencionales. Sin embargo, con mucha frecuencia en regiones productoras de azúcar el costo por unidad de energía favorece al azúcar y sus subproductos.

El azúcar cruda (azúcar morena o azúcar no refinada) resulta de la tercera centrifugación del jugo concentrado de caña que contiene los cristales de azúcar que permanecen en la centrifuga con melaza adherida. Este subproducto ha sido considerado como remplazo adecuado de los granos de cereales en raciones para cerdos (Singletary *et al.*, 1957; McLeod *et al.*, 1968; Buitrago *et al.*, 1969) y para aves (Rosenberg, 1953; López *et al.*, 1970; Pérez, 1971).

Cerdos en crecimiento y acabado

En estudios realizados con cerdos en crecimiento y acabado (Buitrago *et al.*, 1969), se indica que el azúcar cruda puede remplazar completamente al maíz en la ración, siempre y cuando el porcentaje de proteína se mantenga dentro del rango adecuado. Niveles de azúcar progresivamente mayores produjeron ganancias de peso iguales o superiores que raciones controles (maíz-soya), a la vez que se observó una tendencia a mejorar la eficiencia de conversión alimenticia (Cuadro 22).

Cuadro 22. Varios niveles de azúcar cruda en raciones para cerdos en crecimiento y acabado.*

	Tratamientos				
	1	2	3	4	5
Azúcar crudo, %	0	15	30	45	60
Maíz	81	62	43	24	5
Torta de soya, %	14	18	22	26	30
Aumento de peso diario, kg	0.73	0.85	0.76	0.82	0.75
Consumo alimento diario, kg	2.71	3.01	2.70	2.71	2.66
Alimento/ganancia	3.72	3.54	3.56	3.30	3.55

* Peso inicial, 20 kg. Peso final, 90 kg.

Fuente: Buitrago et al. (1969).

El uso de azúcar refinada en alimentación de cerdos también ha sido evaluado durante las fases de crecimiento y acabado (Maner et al., 1969b). En este estudio se observó un efecto lineal en el aumento de peso y en mejor eficiencia de conversión alimenticia a medida que se incrementó el nivel de azúcar hasta 60 por ciento del total de la dieta (Cuadro 23). Aun cuando

Cuadro 23. Varios niveles de azúcar refinada en raciones para cerdos en crecimiento y acabado*.

	Tratamientos				
	1	2	3	4	5
Azúcar refinada, %	0	15	30	45	60
Maíz, %	81	62	43	24	5
Torta de soya, %	14	18	22	26	30
Aumento peso diario, kg	0.82	0.87	0.89	0.95	0.93
Consumo alimento diario, kg	2.68	2.78	2.81	2.83	2.75
Alimento/ganancia	3.27	3.19	3.16	2.98	2.96

* Peso inicial, 25 kg. Peso final, 90 kg.

Fuente: Maner et al. (1969b).

no se encontraron diferencias significativas, se observó una tendencia a mayor consumo de alimento con dietas que contienen azúcar. Además, a medida que se aumenta el nivel de azúcar en la dieta, el porcentaje de energía digestible es mayor y el porcentaje de humedad es menor. Las anotaciones anteriores pueden explicar gran parte de los mejores rendimientos en peso y eficiencia de conversión alimenticia asociados con niveles superiores de azúcar. Es importante hacer énfasis en las excelentes ganancias de peso que se lograron con dietas a base de azúcar, en su mayoría superiores a 0.90 kg diarios, que por lo general superan los valores promedios que se obtienen con dietas típicas (maíz-torta de soya). También Brooks (1972) demostró la superioridad del azúcar sobre el maíz como fuente de energía en alimentación de porcinos. Tanto el rendimiento en peso como la eficiencia de conversión de alimento favoreció a los cerdos que consumieron dietas con altos niveles de azúcar (Cuadro 24), aunque la adición de grasa a dietas con azúcar no produjo incrementos adicionales en el peso de estos cerdos.

En estudios recientes (Obando *et al.*, 1971) se compararon varios niveles de proteína (10, 13 y 16 por ciento) en combinación con un alto nivel de azúcar refinada (60 por ciento) para cerdos en crecimiento (24-60 kg). Los rendimientos en peso fueron significativamente inferiores (0.60 kg/día) con el porcentaje más bajo de proteína en la dieta. Dietas con 13 y 16 por ciento de proteína

Cuadro 24. Altos niveles de azúcar y grasa en raciones para cerdos en crecimiento y acabado.

	Maíz-soya	Maíz-soya +10% grasa	Azúcar (64%)	Azúcar 50% + 10% grasa
Proteína cruda, %	16	18	15	17
E.D., Kcal/g	3.45	3.89	3.81	4.20
Aumento peso diario, kg	0.70	0.72	0.74	0.74
Alimento/ganancia	3.0	2.4	2.7	2.3
Kcal E.D./g ganancia	10.5	10.5	10.3	9.7

Fuente: Brooks, C.C. (1972).

produjeron iguales ganancias promedias de peso (0.78 kg/día). Sin embargo, la eficiencia de conversión alimenticia mejoró a medida que se aumentó el nivel de proteína (3.50, 3.11 y 2.94, respectivamente).

Hembras en reproducción

Dos experimentos conducidos con hembras lactantes permiten demostrar la posibilidad de remplazar completamente el maíz en raciones de lactancia (Obando et al., 1970).

En el Cuadro 25 se presenta la composición de las raciones a base de azúcar y los resultados del rendimiento de hembras y de camadas durante una lactancia de 56 días. Las hembras del tratamiento con azúcar ganaron peso (6 kg) en lactancia, mientras que las hembras del grupo testigo perdieron alrededor de 9 kg en promedio. Los lechones provenientes de las hembras con raciones a base de azúcar, fueron más pesados al destete, aunque el número de lechones por camada fue igual al tratamiento testigo. Los lechones del tratamiento con azúcar, consumieron una cantidad considerable de la dieta de la madre, debido a la alta palatabilidad, por lo cual parte del consumo que se adjudicó a la hembra corresponde en realidad a consumo de la camada.

En el Cuadro 26 se observa el efecto de diferentes niveles de proteína en dietas a base de azúcar para cerdas lactantes. Se compararon niveles entre 10 y 16 por ciento de proteína y se evaluó el efecto en las hembras y en las camadas. Las dietas a base de azúcar con 13 ó 16 por ciento de proteína produjeron rendimientos superiores a los obtenidos con raciones testigo de maíz-torta de soya (16 por ciento proteína). Tanto el cambio de peso de la hembra lactante como el peso de los lechones al destete favoreció estos tratamientos con azúcar. Nuevamente se observó que los lechones consumieron una cantidad considerable de las dietas con azúcar suministradas a las hembras, sin que se afectara su rendimiento. Con base en estas observaciones se ha considerado la importancia práctica que tendría un sistema de alimentación utilizando una dieta única para las hembras y los lechones. Aparentemente, y de acuerdo con un ensayo en lechones lactantes (Cuadro 27), una dieta con 16 por ciento de proteína con altos niveles de azúcar, sería a-

Cuadro 25. Reemplazo del maíz por azúcar refinada en raciones para hembras lactantes.

	Testigo	Azúcar
DIETAS (Porcentaje)		
Maíz	81.65	5.30
Azúcar	-	60.00
Torta de soya	15.00	31.00
Harina de huesos	2.50	3.00
Carbonato de calcio	0.15	-
Sal yodada	0.50	0.50
Minerales y vitaminas	0.20	0.20
RENDIMIENTO		
Hembras		
Peso al parto, kg	203.80	209.40
Peso al destete, kg	194.70	216.20
Consumo alimento día/kg	5.05	6.12
Progenie al parto		
No. lechones	10.20	10.10
Peso individual, kg	1.45	1.47
Progenie al destete (56 días)		
No. lechones	7.30	7.10
Peso individual, kg	14.30	16.30

Fuente: Obando et al. (1970).

decuada nutricionalmente para producir buenos rendimientos tanto en las hembras como en los lechones durante la lactancia.

OTROS SUBPRODUCTOS DE AZUCAR EN ALIMENTACION PORCINA

Melaza enriquecida

La mayoría de las investigaciones en Cuba con subproductos de la caña de azúcar en alimentación de porcinos, se basan en el uso de melaza enrique-

Cuadro 26. Diferentes niveles de proteína en dietas a base de azúcar para hembras lactantes.

	Nivel de proteína			
	16%	16%	13%	10%
DIETAS (Porcentaje)				
Azúcar	-	40.80	46.80	52.80
Maíz	80.50	30.00	30.00	30.00
Torta de soya	16.00	26.00	20.00	14.00
Harina de huesos	2.50	2.50	2.50	2.50
Sal yodada	0.50	0.50	0.50	0.50
Minerales y vitaminas	0.20	0.20	0.20	0.20
RENDIMIENTO				
Hembras				
Peso al parto, kg	224.3	208.0	209.7	204.3
Peso al destete, kg	197.1	207.5	207.8	185.6
Consumo alimento diario/kg	4.64	6.13	5.92	5.78
Progenie al parto				
No. lechones	9.2	9.7	8.8	9.1
Peso individual, kg	1.4	1.5	1.4	1.4
Progenie al destete (56 días)				
No. lechones	7.7	8.1	7.5	8.1
Peso individual, kg	14.7	16.5	15.4	14.2

Fuente: Moncada et al. (1970)

cida (jugo concentrado de la caña, parcialmente invertido para evitar cristalización de la sucrosa). De esta manera se ha logrado remplazar completamente los granos cereales en la ración, sin causar los trastornos digestivos producidos por la melaza final (Preston y Willis, 1969; McLeod et al., 1968; Velásquez y Preston, 1970). De acuerdo con información presentada por Velásquez et al. (1969), se considera que el valor en energía metabolizable de la melaza

Cuadro 27. Varios niveles de proteína en raciones de preiniciación a base de azúcar refinada.

	Nivel de proteína		
	16%	18%	20%
Azúcar	35.00	35.00	35.00
Maíz amarillo	36.45	31.56	26.45
Torta de soya	24.85	29.74	34.85
Harina de huesos	3.00	3.00	3.00
Sal yodada	0.50	0.50	0.50
Minerales y vitaminas	0.20	0.20	0.20
	Peso individual (kg)		
Edad del lechón			
1 día	1.4	1.5	1.4
21 días	5.0	5.0	4.6
35 días	7.7	8.2	7.2
56 días	15.1	15.9	14.6

Fuente: Moncada et al. (1970).

enriquecida es alrededor de 3.75 megacalorías/kg de materia seca, el cual es comparable con el valor energético del maíz. En el caso de la melaza enriquecida, la fracción de carbohidratos está formada por 35 por ciento de sucrosa y el resto por glucosa y fructosa; mientras que en la melaza final, alrededor del 70 por ciento del azúcar corresponde a sucrosa. Esta diferencia ha sido citada por Velásquez y Preston (1969) como una de las posibles causas en el efecto laxante producido por la melaza final.

Cuando se compararon (Velásquez y Preston, 1971) varios niveles de proteína en dietas con melaza enriquecida como única fuente de carbohidratos (85.5 por ciento del total de la dieta) para cerdos en crecimiento y acabado, no se observaron diferencias en el aumento de peso o eficiencia de conversión de alimento, con niveles desde el 10 por ciento hasta el 22 por ciento de proteína (en base a materia seca).

Cuadro 28. Melaza enriquecida versus melaza integral en raciones para cerdos en crecimiento y acabado.

	Melaza enriquecida		Melaza integral	
Proteína, % M.S.	16	12	16	12
Melaza enriquecida, %	71	77	-	-
Melaza integral, %	-	-	71	77
Aumento peso diario, kg	0.60	0.61	0.54	0.48
Alimento/ganancia	4.12	3.80	3.82	4.15

Fuente: Velásquez, M. y T.R. Preston (1970).

Melaza integral

También en Cuba (Velásquez y Preston, 1970) se ha utilizado este producto como mayor constituyente energético de raciones para cerdos. La melaza integral es el jugo concentrado de la caña, que no ha sido sometido al proceso de clarificación con hidróxido de sodio, y por lo tanto contiene ciertas impurezas, incluyendo carotenos, ceras, gomas, bagazo, peptonas y otros compuestos nitrogenados, las cuales no existen en la melaza enriquecida. Una comparación entre estos dos tipos de melaza, incluyendo dos niveles de proteína (12 versus 16 por ciento) en raciones para cerdos en crecimiento (29-80 kg), se muestra en el Cuadro 28 (Velásquez y Preston, 1970). Además de las diferencias en peso y eficiencia alimenticia, se observó mayor efecto laxante con dietas a base de melaza integral. Parece que el principal factor responsable de este problema, se encuentra en las impurezas que permanecen durante el proceso de concentración de la melaza, pues el contenido mineral (factor que se ha asociado con el efecto laxante de la melaza final), en la melaza integral es mucho menor que en la melaza final.

Cachaza

Este es un subproducto que resulta durante la fabricación de panela (azúcar de trapiche, piloncillo) que, bajo ciertas condiciones, puede utilizarse en alimen-

tación de cerdos. La cachaza es el primer residuo del jugo de la caña que se extrae de los tachos en que hierve la miel. Está constituida por jugo de caña y sustancias de poca densidad que se acumulan en la superficie. La principal limitación como alimento para cerdos radica en el alto contenido de humedad (70-80 por ciento) y la rapidez con que se fermenta al medio ambiente. Sin embargo, mediante deshidratación parcial o en mezcla con productos secos, puede incorporarse a raciones concentradas. Osorio (1961) sugiere que la forma más efectiva de mejorar la calidad de la cachaza y a la vez permitir el almacenamiento del producto final consiste en mezclar cachaza con materiales vegetales secos y finamente molidos en una proporción de 3:1 por peso y luego calentar la mezcla a 80-85°C.

Muy poca información existe sobre el uso de este subproducto en nutrición de cerdos, a pesar de que en la mayoría de los países latinoamericanos existen numerosos trapiches de producción panelera que por lo general eliminan la cachaza como un producto de desecho. Según análisis químicos citados por Osorio (1961), de cachaza procedente de varios trapiches localizados en el Valle del Cauca (Colombia), el contenido promedio de humedad es de 70 por ciento. En base seca, las cifras para proteína, extracto libre de nitrógeno, grasa, cenizas, calcio, fósforo y potasio son 5.12 por ciento, 76.66 por ciento, 11.46 por ciento, 6.70 por ciento, 0.03 por ciento, 0.38 por ciento y 0.21 por ciento, respectivamente.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

Los elevados rendimientos de la caña de azúcar en términos de carbohidratos utilizables por animales monogástricos, sitúan este producto como una de las fuentes más económicas de energía para nutrición de porcinos. En muchas regiones tropicales de América Latina se dispone de cantidades apreciables de subproductos del azúcar, especialmente melaza y azúcar cruda, que podrían usarse en mayor volumen para preparación de raciones concentradas.

En el presente trabajo se presenta un análisis sobre las investigaciones más recientes relacionadas con el uso de subproductos de la caña de azúcar

en nutrición de cerdos. Tanto el azúcar como los diversos tipos de melaza son fuentes ricas en carbohidratos, que con suplementación adecuada, pueden remplazar ventajosamente gran parte de los granos de cereales empleados normalmente en raciones para cerdos.

La inclusión de niveles altos de melaza final se ha visto limitada debido principalmente al efecto laxante y a la disminución en la concentración energética, a medida que aumenta el porcentaje de melaza en la dieta. Los niveles de melaza superiores a 15 por ciento en crecimiento y 20 por ciento en acabado, ocasionan un ligero efecto laxante que se acentúa a medida que aumenta el porcentaje de melaza en la ración. Con los niveles más bajos de melaza (15-20 por ciento) no se observa disminución en el rendimiento en peso de los cerdos, aunque la eficiencia de conversión alimenticia puede afectarse ligeramente; pero con niveles altos (40-50 por ciento), se afecta en forma negativa tanto el rendimiento en peso como la eficiencia de la conversión alimenticia. La tolerancia a la melaza aumenta a medida que los cerdos tienen más peso, por lo cual resulta recomendable incrementar progresivamente su nivel de acuerdo con el peso del cerdo, comenzando con cantidades de 5-10 por ciento para cerdos pequeños (15-20 kg de peso) y terminando con niveles de 30-40 por ciento para cerdos en acabado (90-100 kg de peso).

Las hembras gestantes y lactantes toleran porcentajes altos de melaza en la ración sin presentarse efectos adversos en el rendimiento reproductivo. En varios trabajos experimentales se han remplazado totalmente los granos de cereales por melaza, con rendimientos altamente satisfactorios. Sin embargo, debe evitarse el consumo de raciones con alto contenido de melaza en lechones lactantes para prevenir diarreas y bajo rendimiento al destete.

Varios métodos (adición de sustancias absorbentes, azúcar, grasa) sugeridos por algunos autores para disminuir el efecto laxante y/o aumentar la concentración de energía en raciones a base de melaza, son discutidos en el presente trabajo. Otros tipos de melaza tales como la enriquecida y la integral han sido evaluados en varias investigaciones como posibles alternativas al uso de la melaza final, tratando al mismo tiempo de eliminar el efecto laxante característico de este subproducto.

El azúcar, aún la cruda, también ha sido utilizada exitosamente como fuente total o parcial de carbohidratos en la dieta. En la mayoría de los casos, el uso de raciones a base de azúcar ha resultado en superiores rendimientos de peso y eficiencia de conversión alimenticia en relación con tratamientos controles a base de maíz y de torta de soya.

En contraste con la melaza, el azúcar es un producto de alta concentración energética que no ocasiona el efecto laxante causado por niveles equivalentes de melaza en la ración. En consecuencia, se pueden utilizar porcentajes elevados de azúcar para cerdos de todas las edades, con excelentes resultados en el rendimiento. Se han evaluado raciones hasta con 60 por ciento de azúcar durante crecimiento, acabado, gestación y lactancia, lográndose niveles de producción satisfactorios en el aumento del peso, eficiencia de conversión alimenticia y eficiencia reproductiva.

La principal limitación para utilizar el azúcar en raciones para cerdos radica tanto en el alto costo de este producto como en el precio de los subproductos proteínicos, ya que su contenido en la ración debe incrementarse a medida que aumenta el nivel del azúcar.

Las consideraciones de tipo económico favorecen la utilización de melaza como fuente energética, ya que mientras su valor nutritivo es alrededor del 70 por ciento respecto al maíz, el costo generalmente es inferior al 50 por ciento respecto al mismo producto. Debe tenerse presente, como en el caso del azúcar, el costo de los productos proteínicos, los cuales deben incrementarse a medida que aumenta el nivel de melaza en la ración.

REFERENCIAS

- Barnett, E. y C.J. Godell. 1923. Grazing and feeding trials with hogs. Mississippi Agr. Exp. Sta. Bull. 218:32.
- Blanco, V., N.S. Raun y E. Vargas. 1964. Molasses as a major energy source for swine. J. Anim. Sci. 23:868. (Abstr.).
- Bravo, F.O., y E. Cabello. 1968. Efectos de tres combinaciones de pasta de cártamo y melaza en raciones para cerdos en engorde final. Técnica Pecuaria en México. No. 11.

- Bray, C.I., M.G. Snell, F.L. Morrison y M.E. Jackson. 1945. Feeding blackstrap molasses to fattening steers. Louisiana Agr. Exp. Sta. Bull. 394:1.
- Brooks, C.C. 1972. Molasses, sugar (sucrose), corn, tallow, soybean oil and mixed fats as sources of energy for growing swine. J. Anim. Sci. 34: 217.
- Brooks, C.C. e I.I. Iwanaga. 1967. Use of cane molasses in swine diets. J. Anim. Sci. 26:741.
- Buitrago, J., E. García, J.H. Maner y J.T. Gallo. 1969. Empleo de azúcar cruda en raciones para cerdos en crecimiento y acabado. ICA mimeo, Palmira, Colombia.
- Buitrago, J., J.H. Maner, R. Portela, I. Jiménez y G. Gómez. 1975. Utilización de melaza y torta de algodón como única fuente de energía y proteína en dietas para cerdos en crecimiento y acabado. V Reunión Latinoamericana de Producción Animal. Maracay, Venezuela.
- Buitrago, J., J.H. Maner, R. Portela, A.J. Clawson, G. Gómez e I. Jiménez. 1975. Niveles altos de melaza y azúcar de caña como reemplazo al maíz en dietas para cerdos en crecimiento y acabado. V Reunión Latinoamericana de Producción Animal. Maracay, Venezuela.
- Burns, J.C. 1909. Hog feeding experiments. Texas Agr. Exp. Sta. Bull. 131:7.
- Combs, G.E. y H.D. Wallace. 1969. Cane molasses in pig starter diets. Florida Agr. Exp. Sta. Mimeo series No. AN69-13.
- Combs, G.E. y H.D. Wallace. 1970. Cane molasses for growing swine. Florida Agr. Exp. Sta. Mimeo series No. AN-70-10.
- Combs, G.E. y H.D. Wallace. 1972. Cane molasses for finishing pigs. Florida Agr. Exp. Sta. Mimeo series No. AL 1972-6.
- Corzo, M., H. Obando, A. Moncada y J.H. Maner. 1968. Efecto de niveles de melaza y proteína sobre crecimiento y acabado de cerdos. Memoria ALPA. 3:156. (Abstr.).
- De Alba, J. 1968. Alimentación del Ganado en América Latina. Prensa Médica Mexicana. (2a. Ed.). México.
- FAO. 1974. Anuario de Producción. Vol. 28.
- Ferrando, R. y G. Theodossiadés. 1960. La melasse dans l'alimentación du betail. Vigot Freres (Ed.). Paris, France.

- Gochangco, D.R. 1933. A comparative study of corn and molasses as basal feeds for swine. *Philippine Agr.* 21:560.
- Henke, L.A. 1933. Cane molasses as a supplement to fattening rations for swine. *Hawaii Agr. Exp. Sta. Bull.* No. 69.
- Herrera, H., J.T. Gallo, J.H. Maner y E. Ceballos. 1970. Análisis químico-bromatológico de algunas materias primas colombianas empleadas en nutrición animal. ICA. Publicación miscelánea. Bogotá, Colombia.
- Iwanaga, I.I. y K.K. Otagaki. 1959. High molasses rations for growing-fattening swine. *Proc. West. Sec. Am. Soc. Anim. Prod.* 10:27.
- Iwanaga, I.I., K.K. Otagaki, E. Cobb y O. Wayman. High molasses rations for growing fattening swine. *J. Anim. Sci.* 18: 1172. (Abstr.).
- Jiménez, I., J. Buitrago y R. Portela. 1975. Altos niveles de azúcar, melaza y torta de algodón para cerdas gestantes y lactantes. V. Reunión Latinoamericana de Producción Animal. Maracay, Venezuela.
- López, D., M.B. Willis y R. Pérez. 1970. Comparison of three broiler lines and one medium-heavy line on maize and sugar-based diets. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola.* 4:169.
- Ly, J. y M. Velásquez. 1969. Some observations on blood glucose in pigs fed diets based on final molasses, high test molasses or grain. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola.* 3:195.
- McLeod, N.A., T.R. Preston, I.A. Lassota, M.B. Willis y M. Velásquez. 1968. Molasses and sugar as energy sources for pigs. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola.* 2:205.
- Maner, J.H., J. Gallo, M. Corzo y J. Buitrago. 1969a. Effect of minerals in cane molasses on performance and fecal moisture of pigs. *J. Anim. Sci.* 29: 139. (Abstr.).
- Maner, J.H., I. Obando, R. Portela y J. Gallo. 1969b. Effect of levels of refined sugar (sucrose) on the performance of growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 29:130. (Abstr.).
- Moncada, A. y J.H. Maner. 1964. Determinación del nivel de melaza utilizada durante el período de crecimiento y acabado de cerdos. ICA, Publicación Miscelánea No. 1. Bogotá, Colombia.
- Moncada, A., H. Obando, J.T. Gallo y J. Buitrago. 1975. Empleo de azúcar con varios niveles de proteína para cerdas lactantes. *Asociación Latinoamericana de Producción Animal. Memoria.* 10:19.

- Morrison, F.B. 1975. Alimentos y alimentación del Ganado. Ed. 21. UTEHA. Vol. 1. pp. 677.
- National Molasses Company. 1970. The Molasses Story. Publ. Misc. National Molasses Company. Willow Grove, Pa. E.U.
- Obando, H., M. Corzo, A. Moncada y J.H. Maner. 1968. Efecto de altos niveles de potasio en dietas para cerdos. Memorias ALPA. 3:159.
- Obando, H., M. Corzo, A. Moncada y J.H. Maner. 1969. Estudios del valor nutritivo de la melaza para cerdos. Revista ICA. 4:3.
- Obando, H., A. Moncada, J.H. Maner y J.T. Gallo. 1970. Rendimiento de hembras lactantes y lechones alimentados con altos niveles de azúcar refinada. Revista ICA. 4:411.
- Obando, H. y J.H. Maner. 1971. Valor nutritivo de la melaza para cerdos. ICA. Boletín Técnico No. 9. Bogotá, Colombia.
- Osorio, G.D. 1961. Aprovechamiento de un desecho de la industria panelera. Acta Agronómica: 11-111.
- Pérez, R. 1971. The effect of housing density and the use of methionine in sugar-based diets for layers. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 5:59.
- Preston, T.R. y G.B. Hagelberg. 1967. Turning sugar into meat. New Scientist. 5:31.
- Preston, T.R. y M.B. Willis. 1969. Sugar cane as an energy source for the production of meat. Outlook on Agriculture. 6:1.
- Preston, T.R. y M.B. Willis. 1970. A new look at molasses for livestock feeding feedstuffs. 42(13): 20.
- Rosenberg, M.M. 1953. Low grade sugar, a potential carbohydrate feedstuff for laying chickens. Poultry Sci. 32:69.
- Scott, M.L. 1953. Use of molasses in the feeding of farm animals. Sugar Research Foundation. Technological Report Series No.9. New York, E.U.
- Singletary, C.B., K.G. Coulon y G.L. Robertson. 1957. Raw sugar in swine rations. Louisiana Agriculture No. 1:12.
- United States Department of Agriculture. 1963. Composition of Foods. Agriculture Handbook No. 8. Washington, D.C.
- Van Soest, P. 1972. Información personal.

Velásquez, M., J. Ly y T.R. Preston. 1969. Digestible and metabolizable energy values for pigs of diets of high test molasses or final molasses and sugar. *J. Anim. Sci.* 29:578.

Velásquez, M. y T.R. Preston. 1970. High test and integral molasses as energy sources for growing pigs. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola.* 4:55.

Velásquez, M. y T.R. Preston. 1971. Niveles de proteína en dietas a base de miel rica para cerdos. *Memoria ALPA.* 6:142.

Willett, E.L., S.H. Work., L.A. Henke y C. Maruyama. 1946. Cane molasses for pigs from weaning to a weight of 70 pounds. *Hawaii Agr. Exp. Sta. Bull.* No. 3.

Zorrilla, J.M. y H. Merino. 1970. Estudio comparativo de raciones con dos niveles de melaza y dos niveles de suplementación de potasio y zinc en la alimentación de rumiantes. *Técnica Pecuaria en México.* No. 14:5.

