

Efecto de la adición dietética de aguas residuales de una planta productora de caramelo sobre el desempeño y características de canal en cerdos¹

*Eshal Jiménez², Carmen S. Santana-Nieves³
y Abner A. Rodríguez⁴*

J. Agric. Univ. P.R. 89(1-2):23-37 (2005)

RESUMEN

Se usaron 24 cerdos cruzados (Duroc × Yorkshire) de 28 días de edad y peso vivo promedio de 6.9 kg para evaluar el efecto de la adición a la dieta de 0 (testigo), 5 y 7.5% de aguas residuales provenientes de una planta productora de caramelo (ARPC) sobre el desempeño productivo desde el destete hasta terminado (82 kg de peso vivo promedio) y características de la canal. Se utilizó un diseño de bloques completamente aleatorizados (n = 4). Diariamente los cerdos se alimentaron a base del 8% de su peso vivo durante la fase post-destete (21 días) y a base del 6% por el resto de la investigación. Durante la fase post-destete el consumo de materia seca, la ganancia en peso vivo y la eficiencia alimenticia mejoraron con la adición de 7.5% pero no de 5% de ARPC ($P \leq 0.08$). En cambio, durante la fase de engorde (hasta 74 kg peso vivo promedio) el consumo diario de materia seca y la ganancia en peso diario fueron mayores en el grupo testigo. Durante la fase de terminación (14 días) la eficiencia alimenticia mejoró con la adición de ARPC a los dos niveles ($P \leq 0.08$). El área del músculo dorsal largo y el peso del pernil fueron mayores en las hembras que en los machos castrados ($P \leq 0.05$), pero no se observaron diferencias asociadas a las dietas. Estos resultados sugieren que el desempeño de los cerdos durante las primeras tres semanas post-destete se puede mejorar con la adición dietética de ARPC en niveles de hasta 7.5%. Por otra parte, hace falta más investigación sobre el uso de estas aguas residuales durante las fases de engorde y terminado antes de hacer alguna recomendación al respecto. La frescura de este subproducto parece ser un factor importante.

Palabras clave: aguas residuales, nutrición, cerdos

ABSTRACT

Effect of dietary addition of wastewater from a caramel producing plant on the performance and carcass characteristics of pigs

Twenty-four crossbred pigs (Duroc × Yorkshire), 28 days old and of 6.9 kg average liveweight, were used to evaluate effects of dietary addition of 0

¹Manuscrito sometido a la junta editorial el 25 de mayo de 2004.

²Estudiante Graduado, Departamento de Industria Pecuaria, Universidad de Puerto Rico-Mayagüez, P.O. Box 9030, Mayagüez, PR 00681-9030.

³Catedrática Asociada, Departamento de Industria Pecuaria.

⁴Catedrático Asociado, Departamento de Industria Pecuaria.

(control), 5, and 7.5% of wastewater from a caramel production plant (WWCP) on performance from weaning to finishing at 82 kg average liveweight and on carcass characteristics. A completely randomized block design was used ($n = 4$). Pigs were fed at the rate of 8% of body weight daily during the post-weaning phase (21 days) and 6% for the rest of the experiment. During the post-weaning phase dry matter intake, liveweight gain and feed efficiency were improved with 7.5% but not with 5% addition of WWCP ($P \leq 0.08$). During the fattening phase (until 74 kg average liveweight), daily dry matter intake and daily weight gain were greater in the control group, whereas during the finishing phase (14 days), feed efficiency improved with the addition of either level of WWCP ($P \leq 0.08$). Longissimus dorsi area and ham weight were greater in females than in barrows ($P \leq 0.05$), but no other differences due to the dietary addition of WWCP were detected. These results suggest that swine growth during the first three weeks post-weaning may be improved by the addition of WWCP to the diet at levels of up to 7.5%. However, before further recommendation can be given, additional research is needed on the effectiveness of the use of this wastewater during the fattening-finishing phase. Freshness of this byproduct seemed to have an important effect.

Key words: wastewater, dietary by-products, swine nutrition

INTRODUCCIÓN

Los costos de alimentación en una empresa porcina pueden representar cerca del 70% del costo total de producción (Pond y Maner, 1984), siendo este valor mucho mayor en Puerto Rico, donde la mayoría de los ingredientes del alimento son importados. Los ingredientes ricos en energía disponibles en la Isla tienen un costo relativamente alto, haciendo necesario reducir su uso en los alimentos concentrados.

Históricamente, los residuos de las industrias agrícolas que no son utilizados para la alimentación animal han sido desechados en vertederos a un costo mínimo (Ragland et al., 1998). La preocupación por el ambiente y el aumento en los costos de disposición en los vertederos (Myer et al., 1999; Ragland et al., 1998; Rahnema y Borton, 2000) han impulsado la evaluación de estos residuos como alternativas nutricionales en dietas para animales (Ragland et al., 1998). Investigación previa ha demostrado que se pueden añadir residuos líquidos fermentados ("sludge") provenientes de una planta procesadora de atún a dietas para tilapia (*Oreochromis niloticus*) (Sanjuan, 2001) y cerdos (Sánchez et al., 2001) sin afectarles su desempeño.

Por otra parte, una fábrica localizada en Gurabo, Puerto Rico, produce alrededor de 26,500 litros por semana de aguas residuales provenientes del lavado durante la producción de caramelo (ARPC). Estas aguas se consideran un contaminante ambiental y su disposición forma parte considerable de los costos de producción para esta industria. En investigación previa estos residuos fueron incluidos a niveles de hasta 5% en dietas para cerdos en crecimiento sin afectar adversamente su desempeño (León et al., 2003). El objetivo de la presente investigación fue evaluar niveles de 5 y 7.5% de adición de ARPC sobre

el desempeño de cerdos en diferentes etapas de desarrollo y en las características de la canal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Facilidades físicas y animales

La investigación se llevó a cabo en la Granja Experimental del Departamento de Industria Pecuaria del Recinto Universitario de Mayagüez de la Universidad de Puerto Rico localizada en Lajas y tuvo una duración de cinco meses (noviembre 2002 hasta marzo 2003). Se usaron veinticuatro cerdos cruzados (Duroc × Yorkshire) destetados a los 28 ± 2 días de edad, con un peso vivo promedio de 6.9 ± 1.7 kg. Los animales se colocaron por parejas (una hembra y un macho castrado) en jaulas con piso de malla revestida de plástico. Allí permanecieron durante cuatro semanas, luego de las cuales se transfirieron a jaulas de 2.4×2.4 m con piso en hormigón, techo de planchas de zinc, paredes de bloques de cemento entre jaulas, y alambre eslabonado en las dos paredes laterales.

A los cerdos se les permitió una semana de ajuste antes de comenzar con los tratamientos. Los tratamientos consistieron en la adición de 0 (testigo), 5 ó 7.5% de ARPC al alimento concentrado total (ración comercial) ofrecido. Los animales se pesaron semanalmente para calcular la cantidad de alimento a ofrecerse por jaula. Esta cantidad se estimó semanalmente a base del 8% del peso vivo total por jaula durante la fase post-destete, mientras para las fases de engorde y terminado se disminuyó el ofrecimiento al 6% del peso vivo. Durante la fase post-destete (tres semanas) los cerdos recibieron una dieta con un contenido teórico de 21% de proteína, luego una dieta con 16% de proteína (fase de engorde) hasta alcanzar un peso promedio de 74.1 ± 4.5 kg por jaula. A partir de allí, comenzaron a recibir una dieta con un contenido teórico de 15% de proteína (fase de terminado) durante 14 días antes de la matanza. Los animales se observaron dos veces a la semana para determinar la presencia de diarrea u otra condición que afectara su desempeño.

El espesor de la capa de grasa y el área del músculo dorsal largo se midió por sonografía (Sono-grader, Renco®)⁵ a las 10 semanas luego de comenzado el experimento y al final de la investigación. El área del músculo dorsal largo se determinó en la décima costilla, mientras que el espesor de la capa de grasa se obtuvo del promedio de tres medidas: primera costilla, décima costilla y sobre el pernil trasero (Anónimo,

⁵Las marcas registradas sólo se usan para proveer información específica y su uso no constituye garantía por parte de la Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Puerto Rico ni endoso sobre otros productos o equipo que no se mencionan.

2002). Al finalizar el experimento los cerdos se sacrificaron en un matadero comercial y se evaluó su canal. Los datos de las canales se analizaron mediante un arreglo de parcelas divididas.

Aguas residuales y dietas experimentales

Las aguas residuales utilizadas en este estudio provienen del lavado del equipo usado en una fábrica productora de caramelo y se recogieron en la fábrica en dos ocasiones: una semana antes y a las 10 semanas de comenzada la investigación. Las aguas se almacenaron en envases tapados de 208 L de capacidad a temperatura ambiente (26 a 32°C). En el Cuadro 1 se presenta la composición química de las aguas residuales usadas en este estudio.

Semanalmente se recolectaron muestras del alimento ofrecido y se enviaron para análisis químico a un laboratorio comercial (Dairy One Forage Lab, Ithaca, NY). Se analizaron las fracciones materia seca, materia inorgánica, proteína bruta, fibra detergente neutro y grasa bruta. La energía bruta del alimento se estimó utilizando la relación: $EB = 4143 + (56 \times \%EE) + (15 \times \%PB) - (44 \times \% cenizas)$ (Ewan, citado en el NRC, 1998), donde EB = energía bruta, EE = extracto etéreo (grasa bruta) y PB = proteína bruta. Además, en las dietas experimentales se determinaron los contenidos de sodio y azufre, por encontrarse estos elementos en altas concentraciones en las aguas residuales.

El subproducto líquido se añadió al alimento comercial y se mezcló en una mezcladora con capacidad para 91 kg. Los cerdos se alimentaron diariamente por la mañana (alrededor de las 10:00). El alimento rechazado se recogió, se pesó semanalmente y se analizó químicamente, así como el alimento ofrecido. Se determinó el consumo total de materia seca por jaula.

Las variables analizadas fueron consumo total y diario de materia seca, ganancia en peso total y diario, y eficiencia alimenticia. Estas

CUADRO 1.—*Composición química (base seca) de las aguas residuales de una planta productora de caramelo.*

Componente	Unidad (%)
Agua	81.4
Materia seca	18.6
Proteína bruta	5.9
Carbohidratos solubles en agua ¹	37.1
Grasa bruta	2.7
Sodio	14.3
Azufre	10.5

¹Analizado como 6.9% base húmeda.

variables se analizaron como un diseño de bloques completamente aleatorizados, de acuerdo al modelo lineal general (GLM) utilizando el programa SAS (1990). Los bloques se organizaron por el peso al destete, siendo el bloque 1 el más pesado y el bloque 4 el menos pesado. El peso promedio por jaula al comienzo de cada fase se usó como covariable para evaluar los efectos de la adición de ARPC.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fase post-destete

La composición química de las dietas ofrecidas durante la fase post-destete se presenta en el Cuadro 2. El contenido de materia seca fue mayor en la dieta testigo (90.8%), lo que era de esperarse debido al alto contenido de agua (81.4%) de las ARPC. Los contenidos de proteína bruta y de energía bruta fueron muy similares entre las dietas con diferentes niveles de adición de ARPC. Los contenidos dietéticos de azufre y sodio subieron progresivamente con mayor adición de ARPC, lo que refleja el alto contenido de estos elementos en las aguas residuales (Cuadro 1). El National Research Council (NRC, 1998) no establece requisitos mínimos de azufre para cerdos, puesto que en una dieta balanceada el azufre provisto por los amino ácidos azufrados debe ser adecuado. En el caso contrario, la adición de azufre inorgánico en dietas con bajo contenido proteico no ha sido beneficiosa en cerdos (Miller y Baker, citados por NRC, 1998). En cuanto al sodio, según el NRC (1998) los cerdos pueden tolerar dietas altas en este elemento si se les provee agua libremente.

Durante esta fase, el consumo diario de materia seca se afectó significativamente con el tratamiento (Cuadro 3) y la covariable peso vivo total por jaula al comienzo de esta fase. La covariable estuvo altamente

CUADRO 2.—*Composición química (base seca) de las dietas ofrecidas durante la fase post-destete.*

Componente, %	Niveles de adición de ARPC (%)		
	0	5	7.5
Materia seca	90.80	88.10	87.40
Materia orgánica	92.71	92.76	92.54
Materia inorgánica	7.29	7.24	7.46
Grasa bruta	6.20	6.10	6.00
Proteína bruta	22.50	22.60	22.70
Fibra neutro detergente	7.70	8.30	9.10
Energía bruta, kcal/kg	4,147	4,147	4,146
Sodio	0.251	1.788	1.821
Azufre	0.26	0.32	0.41

CUADRO 3.—*Medias mínimas cuadradas y error estándar para las variables evaluadas durante la fase post-destete de 21 días.*

	Niveles de adición de ARPC (%) ¹			ESM ²
	0	5	7.5	
Consumo diario de MS ³ , kg	1.50 a	1.56 ab	1.63 b	0.03
GPD ⁴ , kg	0.79 a	0.74 a	1.01 b	0.02
Eficiencia alimenticia	0.52 a	0.47 a	0.62 b	0.02
Consumo: Ganancia	1.92 a	2.12 a	1.61 b	0.06

¹Letras distintas en una misma fila son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.08$). Cada valor representa el total por jaula de dos cerdos \pm el error estándar de la media.

²ESM = Error estándar de la media.

³MS = Materia seca.

⁴GPD = Ganancia en peso diario.

correlacionada con dicho consumo ($r^2 = 0.91$, $P \leq 0.001$). La ecuación de regresión lineal que mejor se ajustó para este efecto fue $Y = -0.0368 + 0.1038X$, donde Y = consumo diario y X = peso total por jaula al comienzo de la fase. Los cerdos con mayor peso inicial tuvieron el mayor consumo total y diario de materia seca.

Los cerdos alimentados con la dieta de 7.5% ARPC consumieron 2.82 kg más que los testigo durante toda esta fase (34.28 kg vs. 31.46 kg) y 0.13 kg más diariamente (1.63 kg vs. 1.50 kg). Es posible que las aguas residuales, que durante esta fase estaban frescas, hayan aumentado la palatabilidad del alimento causando este aumento relativo en el consumo al nivel de 7.5% ARPC con respecto al testigo. Yang y colaboradores (1997) observaron que la aceptación del alimento concentrado aumentó cuando se incluyó en el mismo hasta un 5% de leche en polvo achocolatada.

Las ganancias en peso total y en peso diario se afectaron significativamente con el tratamiento y la covariable. La correlación entre el peso vivo inicial y la ganancia diaria en peso fue de $r^2 = 0.66$, $P \leq 0.05$. La ecuación de regresión lineal que mejor se ajustó fue $Y = -0.1413 + 0.0640X$, donde Y = ganancia en peso diario y X = peso total por jaula al comienzo de la fase. Los cerdos de mayor peso al comienzo tuvieron las mayores ganancias.

Los animales alimentados con las dietas de 0, 5 y 7.5% de ARPC ganaron 16.51, 15.55 y 21.23 kg de peso total y 0.79, 0.74 y 1.01 kg de peso diario, respectivamente, durante esta fase. Esta mayor ganancia con la dieta de 7.5% ARPC pudo deberse al mayor consumo por estos animales. Dunshea y colaboradores (1999) obtuvieron un aumento en la ganancia en peso diario cuando suplementaron con leche desnatada la dieta de cerdos en crecimiento. Maswaure y Mandisodza (1995) reportaron que la alimentación con concentrado y suero de leche por

separado aumentó la ganancia en peso diario de cerdos en crecimiento. Aunque en este estudio se usaron las ARPC como suplemento, los aumentos obtenidos en ganancia en peso con 7.5% de las mismas comparan bien con los obtenidos por los investigadores anteriores, quienes utilizaron subproductos de alto contenido proteico además de carbohidratos solubles.

La eficiencia alimenticia (kilogramos de ganancia en peso corporal por kilogramos de materia seca consumida) se afectó significativamente con el tratamiento, siendo mayor para los cerdos que consumieron 7.5% ARPC, seguido por los testigo y luego los de 5% ARPC (0.62, 0.52 y 0.47, respectivamente). La adición de 7.5% ARPC, pero no la de 5%, parece haber mejorado el valor nutritivo de la dieta. Esta discrepancia no tiene una explicación evidente. Geary y colaboradores (1996) no encontraron diferencias en la eficiencia alimenticia de cerdos cuando mezclaron el alimento concentrado con agua.

Fase de engorde

La composición química de las dietas ofrecidas durante esta fase se presenta en el Cuadro 4. Al igual que en la fase anterior, el contenido de materia seca fue mayor en la dieta testigo y decreció progresivamente con la adición de 5 y 7.5% ARPC. Las tres dietas fueron isocalóricas en energía bruta y el contenido de proteína bruta solo varió levemente, pero al igual que en las dietas post-destete, el contenido de azufre y sodio aumentó progresivamente al aumentar la adición de ARPC.

El consumo total de materia seca fue similar entre los tratamientos (Cuadro 5), pero el consumo diario se afectó significativamente con el tratamiento, el bloque y la covariable peso total por jaula al comienzo de esta fase. Los cerdos del bloque 4 consumieron más que los del

CUADRO 4.—*Composición química (base seca) de las dietas ofrecidas durante la fase de engorde.*

Componente, %	Niveles de adición de ARPC (%)		
	0	5	7.5
Materia seca	88.90	85.70	82.10
Materia orgánica	93.86	93.64	93.54
Materia inorgánica	6.14	6.36	6.46
Grasa bruta	5.60	5.60	5.30
Proteína bruta	20.50	19.50	20.60
Fibra neutro detergente	16.70	15.20	16.50
Energía bruta, kcal/kg	4,147	4,146	4,146
Sodio	0.298	0.507	0.622
Azufre	0.19	0.38	0.49

CUADRO 5.—*Medias mínimas cuadradas y error estándar para las variables evaluadas durante la fase de engorde.*

	Niveles de adición de ARPC (%) ¹			ESM ²
	0	5	7.5	
Consumo total de MS ³ , kg	329.08	342.61	327.68	13.75
Consumo diario de MS ³ , kg	5.87 a	5.47 b	4.69 c	0.09
GPT ⁴ , kg	116.60	113.71	113.81	1.96
GPD ⁵ , kg	2.07 a	1.81 b	1.64 b	0.07
Eficiencia alimenticia	0.36	0.33	0.35	0.02
Consumo: Ganancia	2.83	3.01	2.87	0.13
Días en alcanzar los 36 kg	46.70 a	52.70 b	48.10 a	0.90
Días en alcanzar los 55 kg	65.90 a	72.70 b	68.20 a	0.90

¹Letras distintas en una misma fila son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.08$). Cada valor representa el total por jaula de dos cerdos \pm el error estándar de la media.

²ESM = Error estándar de la media.

³MS = Materia seca.

⁴GPT = Ganancia en peso total.

⁵GPD = Ganancia en peso diario.

bloque 1 (5.86 vs. 5.03 kg). La correlación entre la covariable y el consumo diario de materia seca fue de $r^2 = 0.74$, $P \leq 0.05$. La ecuación de regresión lineal que se ajustó mejor fue $Y = 1.8584 + 0.105X$, donde Y = consumo diario y X = peso total por jaula al comienzo de la fase. Los cerdos más pesados al comienzo de esta fase tuvieron el mayor consumo de materia seca.

El consumo diario de materia seca difirió significativamente entre las tres dietas, siendo mayor para la dieta testigo y decreciendo progresivamente con la creciente adición de ARPC (5.87, 5.47 y 4.69 kg, respectivamente). Las aguas residuales usadas al comienzo de esta fase llevaban almacenadas más de cuatro semanas y se observó espuma en la superficie de las mismas. Su uso pudo haber reducido el consumo diario de materia seca por ser adverso a la palatabilidad del alimento. Además, durante esta fase cuatro de los cerdos alimentados con 5% y tres con 7.5% de adición de ARPC sufrieron de diarreas por dos a cinco días consecutivos. Esta condición no se observó en los cerdos del grupo testigo. Otra posible causa de las diarreas puede ser el alto contenido de sodio en la dieta (Cuadro 4). Los cerdos que recibieron las dietas con 5 y 7.5% ARPC consumieron diariamente 7.2 y 9.4 g de sodio (equivalente a 0.13 y 0.20% de la materia seca total) aportado exclusivamente por el ARPC. El requisito de sodio para cerdos durante esta fase, expresado en concentración dietética, es 0.10% (NRC, 1998), siendo ésta sólo una quinta o sexta parte del sodio presente en las dietas con adición de ARPC (Cuadro 4).

Ehrlein y colaboradores (1999) establecen que niveles dietéticos de sodio superiores a los requeridos, pero debajo de los niveles tóxicos (3.2%), aumentan la osmolaridad de la dieta, promoviendo el flujo de agua al lumen intestinal, lo que puede explicar las diarreas observadas en nuestros cerdos. Rahnema y Borton (2000) observaron que la inclusión de pizcas de papas fritas en la dieta de cerdos aumentaba la cantidad de sal ingerida y a su vez disminuía el consumo diario de materia seca. En el presente estudio, aunque el consumo diario de materia seca fue significativamente menor en los grupos que consumieron las dietas con 5 y 7.5% de ARPC, el consumo total no difirió significativamente entre los tres tratamientos ya que los animales que recibieron ARPC tardaron más en alcanzar el peso final para esta fase (Cuadro 5), aumentando así su consumo total.

La ganancia en peso total fue similar entre los tres tratamientos durante esta fase, porque un peso vivo predeterminado fue el criterio utilizado para finalizar la misma. Sin embargo, la ganancia diaria se afectó significativamente por el tratamiento. A diferencia de lo ocurrido durante la fase post-destete, los cerdos alimentados con 7.5 y 5% de ARPC mostraron la menor y la segunda menor ganancia en peso diario, siendo superados por los testigos (1.64 y 1.81 vs. 2.07 kg, respectivamente). Estas diferencias siguen el mismo patrón que el consumo diario de materia seca. La inclusión de ciertos ingredientes puede reducir el consumo y la ganancia en peso de los animales; por ejemplo, Mustafa y colaboradores (2000) encontraron que la ganancia en peso diario de cerdos se afectó negativamente con la inclusión en la dieta de los guisantes de *Cicer arietum*, respuesta que estuvo asociada a un menor consumo.

A pesar de los efectos negativos citados en consumo y ganancia en peso, la eficiencia alimenticia no se afectó significativamente por los niveles de adición de ARPC. Los valores de eficiencia alimenticia obtenidos durante esta fase fueron similares a los del estudio de Rahnema y Borton (2000).

La covariable peso total por jaula al comienzo de la fase post-destete afectó significativamente el número de días para alcanzar los 36 kg ($r^2 = -0.81$, $P \leq 0.01$) pero no el número de días para alcanzar los 55 kg de peso promedio (Cuadro 5). La ecuación de regresión lineal que mejor se ajustó fue $Y = 150.34 - 3.2855X$, donde Y = número de días en alcanzar los 36 kg de peso vivo promedio y X = peso total por jaula. Los cerdos de mayor peso total al comienzo del experimento tardaron menos en alcanzar los 36 kg de peso vivo promedio.

El número de días en alcanzar los 36 kg y 55 kg de peso vivo promedio fue estadísticamente mayor para la dieta con 5% pero no para la de 7.5% ARPC comparado con el testigo (Cuadro 5). Los cerdos que con-

sumieron la dieta del 5% ARPC tardaron aproximadamente seis días más que el grupo testigo en alcanzar ambos pesos. El progreso más lento de los animales al recibir ARPC puede atribuirse a la incidencia de diarreas en algunos cerdos.

Fase de terminado

La composición química de las dietas ofrecidas durante esta fase se presenta en el Cuadro 6. Al igual que en las fases anteriores, el contenido de materia seca varió inversamente y los contenidos de azufre y sodio variaron directamente con el nivel de ARPC en las dietas, mientras que los contenidos de proteína bruta y energía bruta variaron poco entre los tratamientos.

Durante esta fase el consumo diario de materia seca fue significativamente menor (6.00 vs. 6.35 kg) en los cerdos alimentados con 7.5% de ARPC que en los testigo (Cuadro 7). Parece probable que, al igual que en la fase de engorde, el alto contenido de sodio causara una disminución en el consumo de los animales cuya dieta contenía ARPC. Estos animales regularon su consumo basándose en los niveles de sodio presentes en la dieta, manteniendo relativamente constante el consumo de sodio a través de todo el experimento a pesar de las diferencias en masa corporal entre los tres períodos.

La ganancia diaria en peso vivo no se afectó significativamente con los niveles de adición dietética de ARPC durante esta fase (Cuadro 7). La ganancia en peso diario encontrada en este estudio fue similar a la obtenida por Sánchez (2003) en un estudio previo usando cerdos cruzados con un peso promedio de 62 kg, suplementados con lodos fermentados de la industria atunera.

CUADRO 6.—*Composición química (base seca) de las dietas ofrecidas durante la fase de terminado.*

Componente, %	Niveles de adición de ARPC (%)		
	0	5	7.5
Materia seca	88.70	85.10	81.80
Materia orgánica	94.99	94.31	93.71
Materia inorgánica	5.01	5.69	6.29
Grasa bruta	4.20	4.20	4.20
Proteína bruta	19.30	18.80	18.60
Fibra neutro detergente	16.80	15.60	18.70
Energía bruta, kcal/kg	4,146	4,146	4,145
Sodio	0.221	0.487	0.611
Azufre	0.17	0.37	0.51

CUADRO 7.—*Medias mínimas cuadradas y error estándar para las variables evaluadas durante la fase de terminado de 14 días.*

	Niveles de adición de ARPC (%) ¹			ESM ²
	0	5	7.5	
Consumo diario de MS ³ , kg	6.35 a	6.04 ab	6.00 b	0.11
GPD ⁴ , kg	1.65	1.79	1.83	0.07
Eficiencia alimenticia	0.26 a	0.30 b	0.30 b	0.02
Consumo: Ganancia	3.92 a	3.31 b	3.30 b	0.18

¹Letras distintas en una misma fila son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.08$). Cada valor representa el total por jaula de dos cerdos \pm el error estándar de la media.

²ESM= Error estándar de la media.

³MS= Materia seca.

⁴GPD= Ganancia en peso diario.

Al igual que en la fase post-destete, la eficiencia alimenticia fue significativamente mayor en los cerdos que consumieron la dieta con 5 y 7.5% ARPC que en los cerdos testigo (Cuadro 7). Durante esta fase no se observaron diarreas en los animales, como ocurrió en la fase de engorde, debido tal vez a una mayor tolerancia a las ARPC en los cerdos más maduros.

Periodo experimental total

La duración del periodo experimental se afectó con los tratamientos. Los cerdos que consumieron la dieta testigo estuvieron menos tiempo en experimentación (Cuadro 8). Los cerdos que consumieron 5 y 7.5% ARPC estuvieron un mayor número de días en la fase de engorde debido a la reducción en consumo de alimento y a la incidencia de diarreas.

Se verificó un efecto de la covariable peso total por jaula al comienzo de la fase post-destete y del bloque sobre el consumo diario de materia seca durante todo el periodo experimental. La correlación de esta covariable con dicho consumo fue $r^2 = 0.84$, $P = 0.0006$. La ecuación de regresión lineal que mejor se ajustó fue $Y = 1.4423 + 0.1885X$, donde $Y =$ consumo diario y $X =$ peso total por jaula al comienzo de la fase post-destete. En consumo de materia seca, el bloque 4 superó significativamente al bloque 3 (4.60 kg vs. 4.19 kg). El consumo diario fue significativamente menor en los cerdos que recibieron la dieta con 5% ARPC que en el grupo testigo, pero el consumo total no difirió entre los tratamientos como resultado de las diferencias en el número de días en el periodo experimental.

No hubo diferencias en ganancia en peso total ni en eficiencia alimenticia (Cuadro 8). Los valores presentes de eficiencia alimenticia son

CUADRO 8.—*Medias mínimas cuadradas y error estándar para las variables evaluadas durante todo el periodo experimental.*

	Niveles de adición de ARPC (%) ¹			ESM ²
	0	5	7.5	
DTPE ³	100.10 a	108.30 b	106.50 b	1.60
Consumo total de MS ⁴ , kg	445.15	452.83	466.24	12.15
Consumo diario de MS ⁴ , kg	4.46 a	4.19 b	4.39 ab	0.06
GPT ⁵ , kg	156.17	156.23	158.73	1.31
GPD ⁶ , kg	1.56 a	1.44 b	1.50 ab	0.03
Eficiencia alimenticia	0.35	0.35	0.34	0.01
Consumo: Ganancia	2.85	2.90	2.94	0.09

¹Letras distintas en una misma fila son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.08$). Cada valor representa el total por jaula de dos cerdos.

²ESM = Error estándar de la media.

³DTPE = Días totales en el periodo experimental.

⁴MS = Materia seca.

⁵GPT = Ganancia en peso total.

⁶GPD = Ganancia en peso diario.

similares a los obtenidos por Rahnema y Borton (2000) en animales cruzados. Por otra parte, la ganancia en peso diario sí se afectó con los niveles de adición de ARPC, siendo 0.12 kg menor en los cerdos con 5% ARPC que en aquellos con 0% ARPC (1.44 vs. 1.56 kg). Los cerdos se llevaron a la matanza usando como criterio el peso vivo promedio por jaula, el cual fue similar para todos los tratamientos.

Características de la canal

Ninguna de las características de canal ni el peso del hígado se afectó con los tratamientos experimentales (Cuadros 9 y 10). Sin embargo, el área del músculo dorsal largo a las 10 semanas y a la matanza difirió entre sexos y a las 10 semanas también entre bloques. Dicha área fue mayor en las hembras que en los machos castrados (Cuadro 11). Asimismo otros investigadores, observaron mayor área del músculo dorsal largo en hembras suplementadas con 5% de grasa bovina en la dieta (Eggert et al., 1996) o con 0.90% de lisina (Friesen et al., 1994) que en los machos castrados.

La covarible peso vivo previo a la matanza afectó el rendimiento de la canal. La correlación de la covariable con dicho rendimiento fue de $r^2 = 0.45$, $P \leq 0.05$. El perril trasero de las hembras fue en promedio 0.77 kg más pesado que el de los machos castrados (9.17 vs. 8.40 kg, Cuadro 12). Friesen y colaboradores (1994) también reportaron mayores pesos para el perril trasero en hembras que en machos castrados, al suplementar la dieta con 0.90% de lisina.

CUADRO 9.—*Medias mínimas cuadradas y error estándar para las características y los rendimientos de la canal.*

Variables	Niveles de adición de ARPC (%)			ESM ¹
	0	5	7.5	
Peso de la canal caliente, kg	65.78	65.42	66.56	0.75
Peso de la canal fría, kg	65.07	64.68	65.79	0.74
Largo de la canal, cm	73.76	74.76	74.73	0.56
Rendimiento de la matanza, %	76.47	75.76	77.18	0.83
Rendimiento de la canal fría, %	98.91	98.87	98.83	0.06
Rendimiento de los CP ² , %	86.99	86.32	84.88	1.88
ALD ³ (10 semanas), cm ²	9.43	9.51	8.70	0.29
ALD ³ (a la matanza), cm ²	26.96	29.82	26.66	1.07
CG ⁴ a las 10 semanas, cm	1.17	1.22	1.15	0.06
CG ⁴ a la matanza, cm	2.30	2.54	2.47	0.10
Hígado, kg	1.84	1.84	1.96	0.04

¹ESM = Error estándar de la media.

²CP = Cortes principales.

³ALD = Área del músculo dorsal largo.

⁴CG = Capa de grasa.

CONCLUSIÓN

La adición de aguas residuales de una planta productora de caramelo en estado fresco a razón de 7.5% a la dieta de cerdos post-destete promovió mayor consumo de materia seca, ganancia en peso vivo y eficiencia alimenticia sin afectar la salud del animal. Se requiere más investigación antes de recomendar la adición de ARPC durante las fases de engorde y terminado. En la presente investigación la adición de ARPC no fresco a razón de 5 ó 7.5% resultó en una reducción en el consumo diario de materia seca y en la ganancia en peso diario durante dichas fases, extendiendo así el tiempo de alimentación para alcanzar el peso de matanza preseleccionado.

CUADRO 10.—*Medias mínimas cuadradas y error estándar para los pesos de los cortes principales de la canal.*

Cortes principales (kg)	Niveles de adición de ARPC (%)			ESM ¹
	0	5	7.5	
Pernil delantero	8.14	7.26	7.66	0.24
Pernil trasero	8.42	8.84	9.09	0.27
Lomo	6.18	6.84	6.11	0.25
Costillar	5.60	5.00	4.99	0.63

¹ESM= Error estándar de la media.

CUADRO 11.—*Medias mínimas cuadradas y error estándar para las características y los rendimientos de la canal, por sexo.*

Variables	Sexo ¹		ESM ²
	Machos castrados	Hembras	
Peso de la canal caliente, kg	65.17	66.67	0.62
Peso de la canal fría, kg	65.17	65.90	0.61
Largo de la canal, cm	74.21	74.62	0.46
Rendimiento de la matanza, %	77.42	75.53	0.68
Rendimiento de la canal, %	98.91	98.82	0.05
Rendimiento de los CP ³ , %	85.67	86.46	1.55
ALD ⁴ (10 semanas), cm ²	8.88 a	9.54 b	0.20
ALD ⁴ (a la matanza), cm ²	27.69 a	27.93 b	0.88
CG ⁵ a las 10 semanas, cm	1.20	1.16	0.04
CG ⁵ a la matanza, cm	2.34	2.53	0.08
Hígado, kg	1.87	1.88	0.03

¹Letras distintas en una misma fila son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

²ESM= Error estándar de la media.

³CP= Cortes principales.

⁴ALD= Área del músculo dorsal largo.

⁵CG= Capa de grasa.

CUADRO 12.—*Medias mínimas cuadradas y error estándar para los pesos de los cortes principales de la canal, por sexo.*

Cortes principales (kg)	Sexo ¹		ESM ²
	Machos castrados	Hembras	
Pernil delantero	7.64	7.74	0.20
Pernil trasero	8.40 a	9.17 b	0.22
Lomo	6.35	6.41	0.20
Costillar	5.26	5.13	0.52

¹Letras distintas en una misma fila indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$).

²ESM= Error estándar de la media.

LITERATURA CITADA

- Anónimo, 2002. Sono-Grader User's Guide. Renco® Corporation, Minneapolis, MN. 36 pp.
- Dunshea, F. R., D. J. Kerton, P. J. Eason y R. H. King, 1999. Supplemental skim milk before and after weaning improves growth performance of pigs. *Aust. J. Agric. Res.* 50(7):1165-1170.
- Eggert, J. M., E. B. Sheiss, A. P. Schinckel, J. C. Forrest, A. L. Grant, S. E. Mills y B. A. Watkins, 1996. Effects of genotype, sex, slaughter weight, and dietary fat on pig growth, carcass composition, and pork quality. <http://www.ansc.purdue.edu/swine/swineday/sday96/psd12-96.htm>
- Ehrlein, H., B. Haas-Deppe y E. Weber, 1999. The sodium concentration of enteral diets does not influence absorption of nutrients but induces intestinal secretion of water in miniature pigs. *J. Nutrition* 129(2):410-418.

- Friesen, K. G., J. L. Nelssen, J. A. Unruh, R. D. Goodband y M. D. Tokach, 1994. Effects of the interrelationship between genotype, sex and dietary lysine effects on growth performance and carcass characteristics in finishing pigs fed to either 104 or 127 kilograms. *J. Anim. Sci.* 72:946-954.
- Geary, T. M., P. H. Brooks, D. T. Morgan, A. Campbell y P. J. Rusell, 1996. Performance of weaner pigs fed ad libitum with liquid feed at different dry matter concentrations. *J. Sci. Food Agric.* 72(1):17-24.
- León, F. J., R. Sánchez, C. S. Santana y A. A. Rodríguez, 2003. Wastewater from a caramel industry as a partial substitute in diets for pigs. *J. Agric. Univ. P.R.* 87(1-2):87-90.
- Maswaure, S. M. y K. T. Mandisodza, 1995. An evaluation of the performance of weaner pigs fed diets incorporating sweet liquid whey. *Anim. Feed Sci. Tech.* 54:193-201.
- Mustafa, A. F., P. A. Thacker, J. J. McKinnon, D. A. Christensen y V. J. Racz, 2000. Nutritional value of feed grade chickpeas for ruminants and pigs. *J. Sci. Food Agric.* 80:1581-1588.
- Myer, R. O., J. H. Brendemuhl y D. D. Jonson, 1999. Evaluation of dehydrated restaurant food waste products as feedstuffs for finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 77(3):685-692.
- National Research Council (NRC), 1998. Nutrient requirements of swine. Washington, D.C.: National Academy Press. 189 pp.
- Pond, W. G. y J. H. Maner, 1984. Swine Production and Nutrition. AVI Publishing Co., Inc., Westport, Connecticut. 731 pp.
- Ragland, D., C. R. Thomas, B. G. Harmon, R. Miller y O. Adeola, 1998. Nutritional evaluation of two agroindustrial by-products for ducks and pigs. *J. Anim. Sci.* 76:2845-2852.
- Rahnema, S. y R. Borton, 2000. Effect of consumption of potato chip scraps on the performance of pigs. *J. Anim. Sci.* 78:2021-2025.
- Sánchez, R., 2003. Utilización de lodo fermentado de la industria atunera como parte integral en dietas para cerdos en crecimiento y engorde. Tesis de maestría, Departamento de Industria Pecuaria, Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez. 59 pp.
- Sánchez, R., C. S. Santana, A. A. Rodríguez y A. E. Sanjuan, 2001. Fermented tuna fish sludge in diets for growing pigs. *J. Agric. Univ. P.R.* 85(1-2):101-104.
- Sanjuan, A. E., 2001. Fermentación Biológica de Lodos de la Industria Atunera como Fuente Potencial de Proteína para la Nutrición de Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Disertación doctoral, Departamento de Ciencias Marinas, Univ. Puerto Rico, Recinto de Mayagüez. 113 pp.
- SAS/STAT, 1990. SAS User's Guide (Release 6.12). SAS Inst., Inc., Cary, NC.
- Yang, H., J. A. Kerber, J. E. Pettigrew, L. J. Johnston y R. D. Walker, 1997. Evaluation of milk chocolate product as a substitute for whey in pig starter diets. *J. Anim. Sci.* 75:423-429.

BLANK PAGE USED IN PAGE COUNT