

**EFFECTO DE LA ADICIÓN EN EL ALIMENTO DE AGUAS RESIDUALES DE  
UNA PLANTA PRODUCTORA DE CAMELO SOBRE EL DESEMPEÑO DE  
CERDOS DESDE EL DESTETE HASTA TERMINADO**

por

Esbal Jiménez Cabán

Tesis sometida en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

en

INDUSTRIA PECUARIA

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO  
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ

2003

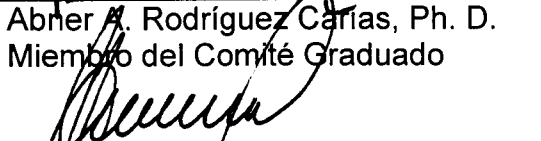
Autorizado por:



Abner A. Rodríguez Carías, Ph. D.  
Miembro del Comité Graduado

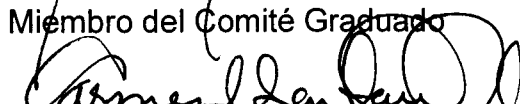
12 - 03 - 2003

Fecha

  
John A. Fernández Van Cleve, Ph. D.  
Miembro del Comité Graduado

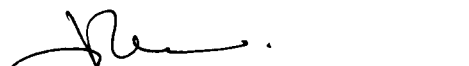
4 DIC 2003

Fecha

  
Carmen S. Santana Nieves, Ph. D.  
Presidente del Comité Graduado

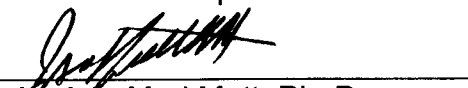
12 / 03 / 03

Fecha

  
José R. Latorre Acevedo, Ph. D.  
Director de Departamento

12 / 03 / 03

Fecha

  
José A. Mari Mutt, Ph. D.  
Director de Estudios Graduados

4 dic 2003

Fecha

## ABSTRACT

Twenty four crossbred pigs (Duroc X Yorkshire), of 28 days of age with an average live weight of 6.9 kg, were used to evaluate the addition to the diet of 0 (control), 5, and 7.5 % of wastewater from a caramel production plant (WWCP) on the pigs' performance, blood metabolites, and carcass characteristics from weaning to finishing (82 kg average live weight). A completely randomized block design was used (n=4). Pigs were fed on an 8 % body weight basis during the post-weaning phase (21 days) and on a 6 % basis for the rest of the investigation. Dry matter intake, weight gain and feed efficiency were improved with 7.5 % addition of WWCP during the post-weaning phase ( $P \leq .08$ ). Over the fattening-finishing phase, the daily dry matter intake and daily weight gain were greater in the control group, while feed efficiency improved with the addition of WWCP during the finishing period ( $P \leq .08$ ). *Longissimus dorsi* area and ham weight were greater in females compared with barrows ( $P \leq .08$ ), but no differences were detected by the addition of WWCP. Blood samples were taken by jugular venipuncture on day 1 and 8 of the post-weaning phase, and on the day before slaughter to determine glucose and sodium concentrations; both concentrations were greater in the bleeding previous to slaughter ( $P \leq .08$ ). WWCP's aerobic stability was evaluated in a 4 week trial and it was found that butyric acid concentration was reduced in the third week, while pH gradually decreased over the four weeks ( $P \leq .08$ ). The results obtained in this research suggest that pig's performance at weaning can be improved with the addition for 21 days of WWCP to the diet in levels up to 7.5 % for 21 days during this phase.

On the other hand, more research is required about the use of this wastewater during the fattening-finishing phase before giving any recommendation.

## Resumen

Se usaron 24 cerdos cruzados (Duroc X Yorkshire) de 28 días de edad con un peso vivo promedio de 6.9 kg, para evaluar la adición en la dieta de 0 (testigo), 5 y 7.5 % de aguas residuales provenientes de una planta productora de caramelo (ARPC) sobre el desempeño productivo, metabolitos de la sangre y características de la canal desde el destete hasta terminado (82 kg de peso vivo promedio). Se utilizó un diseño de bloques completamente aleatorizado (n=4). Los cerdos se alimentaron en base al 8 % del peso vivo durante la fase post-destete (21 días) y en base al 6 % por el resto de la investigación. El consumo de materia seca, la ganancia en peso y la eficiencia alimenticia fueron mejoradas con la adición de 7.5 % de ARPC durante la fase post-destete ( $P \leq 0.08$ ). Durante las fases de engorde-terminado, el consumo diario de materia seca y la ganancia en peso diario fueron mayores en el grupo testigo, mientras que la eficiencia alimenticia fue mejorada con la adición de ARPC durante la fase de terminado ( $P \leq 0.08$ ). El área del músculo dorsal largo y el peso del pernil trasero fueron mayores en las hembras comparado con los machos castrados ( $P \leq 0.08$ ), pero no se observaron diferencias asociadas a la adición de ARPC. Se tomaron muestras de sangre de la vena yugular durante el primer y octavo día de la fase post-destete, y en el día previo a la matanza para evaluar las concentraciones de glucosa y sodio; ambas concentraciones fueron mayores en el sangrado previo a la matanza ( $P \leq 0.08$ ). La estabilidad aeróbica de las aguas residuales se evaluó en un ensayo de cuatro semanas, donde se encontró que la concentración de ácido butírico se redujo en la tercera semana, mientras que el

pH disminuyó gradualmente durante las cuatro semanas ( $P \leq .08$ ). Los resultados obtenidos en esta investigación sugieren que el desempeño de cerdos al destete puede mejorarse con la adición de ARPC a la dieta en niveles de hasta 7.5 % por 21 días durante esta fase. Por otra parte, más investigación hace falta sobre el uso de estas aguas durante las fases de engorde y terminado antes de hacer alguna recomendación.

*A mis queridos padres,*  
*Nemesio Jiménez Vega y Carmen Cabán Avilés*

## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias a todas las personas que me ayudaron a realizar esta investigación. En especial quiero agradecer a mi presidente de comité, la Dra. Carmen S. Santana Nieves, por su sincera consejería, su apoyo incondicional y su efusiva dedicación durante el proceso de investigación y redacción de la tesis. Además agradezco al Dr. Abner A. Rodríguez Carías, miembro del comité, quien mostró un interés genuino en el desarrollo de la investigación y siempre estuvo presente para aclarar dudas. De igual forma agradezco al Dr. Melvin Pagán Morales por su apoyo y desinteresada ayuda. Agradezco al Dr. José A. Mari Mutt por ayudarme en la edición de la tesis.

Además, agradezco a Jackeline Rivera (secretaria del Departamento de Industria Pecuaria), a los agrónomos Claudia Oyala y Elvin Ronda (supervisores de la Granja de Cerdos), al Dr. Alfredo Sanjuan y al Dr. John Fernández por su ayuda y aclaración de dudas. Por su comprensión, apoyo y ayuda durante la colección de datos agradezco a mi esposa, Yadira Malavez Acevedo. Por último, mis más profundas y sinceras Gracias a Dios, por siempre escucharme, y darme salud y vida para poder lograr mis metas.

## Tabla de Contenido

<b>Lista de tablas.....</b>	<b>x</b>
<b>Lista de apéndices.....</b>	<b>xi</b>
<b>Lista de figuras.....</b>	<b>xii</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>Publicaciones Previas.....</b>	<b>3</b>
<b>A. Alimentación animal con residuos orgánicos de origen vegetal.....</b>	<b>3</b>
<b>1. No Rumiantes.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Rumiantes.....</b>	<b>11</b>
<b>B. Alimentación animal con residuos orgánicos de origen animal.....</b>	<b>12</b>
<b>C. Alimentación con residuos de cafeterías.....</b>	<b>16</b>
<b>D. Alimentación líquida y subproductos.....</b>	<b>17</b>
<b>Objetivos.....</b>	<b>21</b>
<b>Materiales y Métodos.....</b>	<b>22</b>
<b>A. Aguas residuales de una planta productora de caramelo.....</b>	<b>22</b>
<b>B. Facilidades físicas.....</b>	<b>22</b>
<b>C. Animales.....</b>	<b>24</b>
<b>D. Dietas.....</b>	<b>25</b>
<b>E. Diseño experimental.....</b>	<b>26</b>
<b>F. Variables.....</b>	<b>26</b>
<b>G. Análisis estadístico.....</b>	<b>28</b>



<b>Resultados y Discusión.....</b>	<b>33</b>
<b>A. Aguas residuales.....</b>	<b>33</b>
<b>B. Variables de producción.....</b>	<b>33</b>
<b>C. Características de la canal.....</b>	<b>46</b>
<b>D. Metabolitos de la sangre.....</b>	<b>49</b>
<b>E. Estabilidad aeróbica de ARPC.....</b>	<b>49</b>
<b>Conclusión.....</b>	<b>51</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>52</b>
<b>Apéndices.....</b>	<b>56</b>

## Lista de tablas

Tabla 1	Composición química de las aguas residuales de una planta productora de caramelo.....	33
Tabla 2	Composición química de las dietas ofrecidas durante la fase post-destete.....	34
Tabla 3	Medias mínimas cuadradas y error estándar para las variables evaluadas durante la fase post-destete... ..	35
Tabla 4	Composición química de las dietas ofrecidas durante la fase de engorde.....	38
Tabla 5	Medias mínimas cuadradas y error estándar para las variables evaluadas durante la fase de engorde.....	39
Tabla 6	Composición química de las dietas ofrecidas durante la fase de terminado.....	42
Tabla 7	Medias mínimas cuadradas y error estándar para las variables evaluadas durante la fase de terminado.....	43
Tabla 8	Medias mínimas cuadradas y error estándar para las variables evaluadas durante todo el periodo experimental.....	45
Tabla 9	Medias mínimas cuadradas y error estándar para las características y los rendimientos de la canal .....	47
Tabla 10	Medias mínimas cuadradas y error estándar para las características y los rendimientos de la canal por sexo.....	47
Tabla 11	Medias mínimas cuadradas y error estándar para los pesos de los cortes principales de la canal.....	48
Tabla 12	Medias mínimas cuadradas y error estándar para los pesos de los cortes principales de la canal por sexo.....	48
Tabla 13	Cambios en la concentración de ácidos grasos volátiles y en el pH de las aguas residuales durante cuatro semanas.....	50

## **Lista de apéndices**

Apéndice 1	Consumo de sodio por fase según aportado por el ARPC.....	57
------------	---	----

## Lista de figuras

Figura 1	Ejemplo de las jaulas usadas durante la fase post-destete.....	23
Figura 2	Ejemplo de las jaulas usadas durante las fases de engorde y terminado.....	23

## 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 porque la mayoría de los ingredientes son importados. Los ingredientes ricos en energía disponibles en la Isla, tienen un costo relativamente alto, redundando en la necesidad de reducir su uso en alimentos concentrados para animales.

Los residuos de las industrias agrícolas que no son utilizados para la alimentación animal han sido históricamente desechados en vertederos a un costo mínimo (Ragland et al., 1998). La preocupación por el ambiente (Ragland et al., 1998) 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). Se ha demostrado que se pueden añadir residuos líquidos fermentados provenientes de una planta procesadora de atún (“sludge”) a dietas para tilapia (*Oreochromis niloticus*; Sanjuan, 2001) y cerdos (Sánchez et al., 2001) sin afectarles su desempeño.

La industria de caramelo localizada en Gurabo, Puerto Rico produce alrededor de 26 500 litros por semana de aguas residuales provenientes del lavado durante la producción de caramelo. Estas aguas son consideradas un contaminante ambiental y su disposición forma una parte considerable de los costos de producción para esta industria. Estos residuos han sido incluidos en niveles de hasta 5 % en dietas para cerdos en crecimiento sin afectar

adversamente su desempeño (León et al., en prensa). Antes de hacer una recomendación sobre el uso de este producto hay que evaluar diferentes niveles de adición para determinar el efecto del mismo sobre el desempeño de los cerdos en diferentes etapas de producción.

## PUBLICACIONES PREVIAS

### A. Alimentación animal con residuos orgánicos de origen vegetal

#### 1. No Rumiantes

Rahnema y Borton (2000) sustituyeron maíz en una dieta comercial para cerdos con 0, 15 y 20 % de pizcas de papas fritas. Esta sustitución no tuvo efectos sobre la ganancia en peso diario de cerdos en crecimiento ( $P=.23$ ). Sin embargo, la sustitución redujo el consumo total de materia seca ( $P\leq.01$ ) y aumentó la eficiencia alimenticia ( $P\leq.004$ ) linealmente a medida que los niveles de sustitución por pizcas de papas fritas aumentaban. Este efecto también se observó durante la fase de engorde ( $P\leq.07$ ), pero durante la fase de terminado la ganancia en peso diario se redujo ( $P\leq.001$ ). Los investigadores no encontraron efectos adversos sobre las características de canal evaluadas y concluyeron que las pizcas de papas fritas pueden ser un sustituto efectivo del maíz en niveles de hasta un 20 % en dietas para cerdos en crecimiento.

Kerr y colaboradores (1998) evaluaron durante 28 días los efectos de la papa cruda como fuente proteica en la dieta de cerdos al destete (4.4 kg de peso vivo promedio y  $15.5 \pm 2$  días de edad). Los autores sustituyeron con papa 0, 2.6 y 5.1 % de la soya que contenía la dieta basal (24.07 % de soya) durante los primeros 14 días; durante los 14 días restantes todos los cerdos consumieron una dieta que contenía 22.81 % de soya y 0 % de papa. No se encontraron diferencias entre los tratamientos para la ganancia en peso diario, consumo

diario, ni para la eficiencia alimenticia durante el primer periodo de 14 días. Los cerdos con 2.6 % de sustitución de la soya total por papa ganaron más peso (304 g vs. 277 y 290 g para 2.6 vs. 0 y 5.1 % de sustitución con papa, respectivamente) durante toda la fase experimental; por otra parte, el consumo diario y la eficiencia alimenticia fueron similares entre las dietas durante los 0 a 28 días de la investigación. Los autores concluyeron que la soya puede ser sustituida por papa en niveles de hasta 2.6 % durante 14 días post-destete.

Grinstead y colaboradores (2000) investigaron por 28 días los efectos del alga *Spirulina platensis* y de la forma física de la dieta (no perdigonada vs. perdigonada) sobre el desempeño de cerdos al destete (11 a 12 días de edad y 4.0 kg de peso vivo promedio). Los investigadores reemplazaron la soya en la dieta por 0.2, 0.5 y 2 % de algas. Durante la primera semana de sustitución no se observaron diferencias en la ganancia en peso ni en la eficiencia alimenticia. Los cerdos consumiendo las algas en forma perdigonada comieron menos que los cerdos que consumieron la dieta no perdigonada. La dieta perdigonada sí mostró una tendencia ( $P \leq .07$ ) hacia aumentar la ganancia en peso y mejoró significativamente la eficiencia alimenticia ( $P \leq .01$ ). El reemplazar la soya por algas en la dieta no mostró efectos durante los días 7 a 14, 14 a 28, ni durante todo el periodo experimental (0 a 28 días). Aunque los investigadores no encontraron mejoras en el desempeño de los cerdos alimentados con algas, éstos concluyeron que las algas pueden utilizarse como ingrediente en dietas para cerdos al destete, ya que se obtuvieron resultados similares a los del grupo testigo.



Shelton y colaboradores (2001) evaluaron el desempeño productivo y ciertas características de la canal de cerdos alimentados con diferentes fuentes de proteína (soya, maíz, canola, maní, girasol y guisantes) desde crecimiento (30.1 kg de peso vivo promedio) hasta terminado (114.1 kg de peso vivo promedio). Los cerdos alimentados con soya, maní o guisantes, tuvieron una ganancia en peso diario similar durante el periodo de crecimiento-engorde. La ganancia en peso diario de los cerdos alimentados con soya fue significativamente mayor que la de los cerdos alimentados con maíz, girasol o canola ( $P \leq 0.05$ ). Por otra parte, el consumo diario fue significativamente menor para estos animales en comparación con los cerdos alimentados con girasol o guisantes (1.89 kg vs. 2.11 y 2.12 kg, respectivamente,  $P \leq 0.05$ ). La eficiencia alimenticia fue mejor para los cerdos alimentados con soya que para los cerdos alimentados con maíz, canola, girasol o guisantes (0.43 vs 0.31, 0.32, 0.30 y 0.37, respectivamente). Durante la fase de terminado sólo se encontraron diferencias en el consumo diario y la eficiencia alimenticia para el grupo testigo vs. los cerdos que consumieron girasol en la dieta. Al analizar todo el periodo experimental, los investigadores observaron una mayor ganancia en peso diario para el grupo testigo vs. los cerdos que consumieron la dieta basada en maíz, canola o girasol (0.85 kg vs. 0.70, 0.74 y 0.76 kg, respectivamente,  $P \leq 0.05$ ). Para el consumo diario, sólo se encontraron diferencias entre el grupo testigo y los cerdos alimentados con maíz (2.76 kg vs 2.45 kg). La eficiencia alimenticia fue mejor para los cerdos del grupo testigo comparado con los cerdos que consumieron maíz o girasol (0.31 vs 0.28 ó 0.26, respectivamente). Los

investigadores concluyeron que puede utilizarse maní como fuente de proteína similar a la soya, en la dieta para cerdos desde el crecimiento hasta el terminado.

Ravindran y colaboradores (1987) estudiaron los efectos de sustituir, con hojas de mandioca, la proteína del aceite de coco usado en dietas para cerdos. Dichas hojas son un subproducto durante la producción de la raíz de esta planta (Ravindran et al., 1987). La ganancia en peso diario y la eficiencia alimenticia de los cerdos mejoraron ( $P \leq 0.01$ ) con la sustitución de aceite de coco por 13.3 % de hojas de mandioca. Estas mismas variables fueron similares a la dieta basal que contenía 40 % de aceite de coco cuando la sustitución fue de 26.7 % por hojas de mandioca. Sin embargo cuando la sustitución por hojas fue en un 100 %, se observaron efectos adversos ( $P \leq 0.001$ ) en el desempeño de los cerdos. La digestibilidad de la materia seca, de la energía y del extracto etéreo fueron similares entre la sustitución con 0 y 13.3 % de hojas de mandioca, pero fue mayor en 0 % comparado con 26.7 % y 40 % de sustitución. A 40 % de sustitución, la digestibilidad de la proteína se redujo ( $P \leq 0.01$ ) en 3.32 % por cada 1 % de fibra ácido detergente aportada por las hojas. Ravindran y colaboradores (1987) concluyeron que la hojas de mandioca pueden sustituir el aceite de coco en dietas para cerdos en niveles de hasta 26.7 %.

Moeser y colaboradores (2002) estudiaron el desempeño de cerdos alimentados con un subproducto del molido del maíz. Los investigadores prepararon dos dietas, la dieta testigo con 0 % y la dieta tratamiento con 100 %

de sustitución del maíz en grano por el subproducto del molido. Las dietas se administraron a cerdos en crecimiento con un peso vivo promedio de 27 kg durante 18 días. Los cerdos alimentados con el subproducto de maíz tuvieron una mejor digestibilidad de la materia seca y del nitrógeno ( $P \leq 0.01$ ). En un segundo estudio estos investigadores evaluaron otras dos dietas, una con 56.2 % del subproducto del molido del maíz y 0 % de maíz en grano y otra con 58.5 % de maíz en grano y 0 % del subproducto. Se administraron las dietas durante 28 días para observar los efectos en cerdos de crecimiento destetados a los 21 días, con un peso vivo promedio de 8.8 kg. En este segundo estudio, se observó que al usar el subproducto del maíz como ingrediente en la dieta se redujo el consumo de los cerditos ( $P = 0.091$ ) y se mejoró la eficiencia alimenticia ( $P \leq 0.05$ ). La digestibilidad de la materia seca fue 8 % mayor en los cerdos que consumieron el subproducto del molido del maíz. Los investigadores sugieren que el subproducto del molido del maíz puede usarse para sustituir el grano de maíz como fuente proteica en dietas para cerdos en crecimiento en niveles de hasta 56.2 % y para cerdos de engorde en niveles de hasta 100 %.

Chae y colaboradores (1999) estudiaron los efectos de sustituir la soya por gluten de trigo en dietas para cerdos al destete. Se alimentaron durante 35 días varios cerdos destetados temprano (10 días de edad y 3.13 kg de peso vivo promedio), con una dieta conteniendo 50 % soya y otro grupo con una dieta comprendida por 31.17 % de sustitución de la soya por gluten de trigo. En la primera semana de investigación los cerdos de ambos grupos consumieron,

ganaron peso y tuvieron una eficiencia alimenticia similar. En las semanas posteriores, los cerdos de ambos tratamientos tuvieron similar consumo y eficiencia alimenticia, pero, los cerdos que consumieron el gluten de trigo ganaron más peso diariamente ( $0.503 \text{ kg d}^{-1}$  vs  $0.440 \text{ kg d}^{-1}$ ,  $P \leq 0.05$ ). La digestibilidad de la energía bruta fue similar entre los tratamientos, pero, la digestibilidad de la proteína fue mayor ( $P \leq 0.05$ ) con la sustitución por gluten de trigo. Los investigadores concluyen que el gluten de trigo puede usarse como fuente de proteína para dietas en cerdos de destete temprano.

Mustafa y colaboradores (2000) determinaron el valor nutricional de las semillas de dos variedades de una leguminosa (*Cicer arietinum*; variedades Kabuli y Desi) como ingrediente en dietas para cerdos desde el crecimiento hasta el terminado. Estos autores alimentaron por 84 días cerdos en crecimiento (19.9 kg de peso vivo promedio) con 3 dietas diferentes; una dieta basada en cebada y trigo suplementada con soya (grupo testigo) y otras 2 dietas suplementadas con 30 % de la semilla molida de cada una de las variedades. El consumo diario de los cerdos fue similar entre todos los tratamientos durante el periodo de crecimiento y engorde (19.9 kg a 61.7 kg). Los cerdos suplementados con soya ganaron más peso diariamente ( $0.80 \text{ kg d}^{-1}$  vs.  $0.70 \text{ kg d}^{-1}$ ,  $P \leq 0.05$ ) que los alimentados con cualquier variedad de la leguminosa. Los investigadores no detectaron diferencias entre las variedades de la leguminosa para estas mismas variables, pero, observaron que el consumo y la eficiencia alimenticia tuvieron una tendencia a reducirse al final de la fase de terminado en los cerdos

alimentados con la leguminosa. En general, durante todo el periodo experimental (0 a 84 días), el consumo, la ganancia en peso diario y la eficiencia alimenticia fueron similares entre los tres tratamientos. Los cerdos con la variedad Desi en la dieta tuvieron una menor digestibilidad de la materia seca y energía bruta comparado con la dieta de soya o Kabuli ( $P \leq 0.05$ ). La digestibilidad de la proteína fue mayor en la dieta de soya comparado con las otras dietas ( $P \leq 0.05$ ).

Thacker (2003) evaluó la sustitución de cebada por 0, 25, 50, 75 y 100 % de semillas de *Phalaris canatiensis* en el desempeño de cerdos desde el crecimiento (34.4 kg de peso vivo promedio) hasta el terminado (107.8 kg de peso vivo promedio). El consumo diario, la ganancia en peso diario y la eficiencia alimenticia fueron similares entre todos los tratamientos en todas las fases (crecimiento, engorde y terminado). La ganancia en peso diario (1.07 kg vs 0.94 kg) y el consumo (3.41 kg vs 3.03 kg) fueron mejores en los machos castrados que en las hembras durante la fase de terminado. La digestibilidad de la materia seca disminuyó linealmente ( $P = 0.01$ ) al aumentar en una unidad el nivel de semillas, mientras que la digestibilidad de la proteína aumentó. La digestibilidad de la energía bruta no se afectó en ninguno de los niveles. Thacker (2003) concluye que las semillas de *Phalaris canatiensis* pueden incluirse exitosamente en dietas para cerdos desde el crecimiento hasta el terminado, sin efecto adverso en el desempeño productivo de los mismos.

Ginting-Moenthe y colaboradores (2002) estudiaron los efectos de la utilización de la viruta de la palma *Corypha elata*, cruda o fermentada, como

parte de la dieta de cerdos desde el destete (8.2 kg de peso vivo promedio) hasta terminado (84 días post destete). Los investigadores sustituyeron el maíz presente en la dieta por 10 % de viruta cruda y 10 % ó 20 % de viruta fermentada y las ofrecieron a los cerdos *ad libitum* durante 84 días. Los cerdos que consumieron 10 % de viruta fermentada mostraron una mayor ganancia en peso (262 g vs. 247 g), un mayor consumo diario (828 g vs. 752 g), un mayor consumo total (74.5 kg vs. 67.7 kg) y una mejor eficiencia alimenticia (3.15 vs. 3.19) que el grupo testigo ( $P \leq 0.05$ ). Aunque no encontraron diferencias entre los tratamientos para la digestibilidad de la materia seca, la digestibilidad de la proteína, de la fibra cruda, del extracto etéreo y de la energía fue mayor en los niveles de 10 % de viruta fermentada comparado con los demás tratamientos ( $P \leq 0.05$ ). Los investigadores concluyen que la viruta de la palma *Corypha elata* puede incluirse en dietas para cerdos desde el destete hasta el terminado con resultados positivos en el desempeño productivo de estos animales.

Durante la extracción del aceite de las frutas de la palma *Elais guineensis* se producen unos residuos que contienen 89.5 % de materia seca, 10.2 % de proteína cruda, 11.4 % de fibra cruda y 4696 kcal kg<sup>-1</sup> de energía bruta. Fanimó y Fascina-Bombata (1998) incluyeron estos residuos por 8 semanas en niveles de 0, 10, 15, 20 y 25 % en la dieta de cerdos destetados a los 35 días, con un peso vivo promedio de 8.50 kg. Los investigadores no encontraron diferencias significativas entre ninguno de los tratamientos para la ganancia en peso diario, consumo diario, ni eficiencia alimenticia. Los cerdos

alimentados con 25 % de inclusión en la dieta, demostraron la mayor ganancia en peso diario ( $166 \text{ g d}^{-1}$ ). La digestibilidad de la materia seca, proteína bruta y fibra bruta fueron mayores en el grupo testigo ( $P \leq 0.05$ ). De este estudio se concluye que se pueden incluir las aguas residuales de la extracción del aceite de las frutas de la palma *Elais guineansis* en dietas para cerdos en niveles de hasta 25 % por ocho semanas post-destete.

## 2. Rumiantes

El tallo de maíz es uno de los ingredientes principales en la alimentación animal en Méjico (Iñiguez-Covarrubias et al., 2001) pero su disponibilidad es estacional. El bagazo de agave proveniente de las industrias productoras de tequila puede tener el mismo valor económico que el tallo de maíz pero está disponible durante todo el año (Iñiguez et al., 2001). Iñiguez y colaboradores (2001) evaluaron el uso de bagazo como ingrediente para sustituir el tallo de maíz en dietas para cabros. Estos investigadores no encontraron diferencias significativas para el consumo diario de materia seca ( $P \geq 0.05$ ) entre los cabros alimentados con 0, 28 ó 63.2 % de sustitución con bagazo de agave. La ganancia en peso diario fue mayor en los animales alimentados con la dieta basada en tallo de maíz, pero los cabros que se alimentaron con la dieta que incluía el bagazo de agave fueron por lo general más eficientes en la conversión de alimento ( $P \leq 0.05$ ).

Larson y colaboradores (1993) evaluaron la inclusión de residuos granulares húmedos provenientes de las 4 destilerías de etanol en dietas para

rumiantes. Los investigadores asignaron 80 toretes a uno de cuatro tratamientos: 0, 5.2, 12.6 ó 40 % de inclusión de residuos como parte de la dieta total durante 45 días. La inclusión de los residuos húmedos redujo linealmente el consumo diario de materia seca ( $P \leq .01$ ). Sin embargo, los investigadores no detectaron diferencias en la ganancia en peso diario ni en la eficiencia alimenticia de los toretes. Basados en estos resultados, Larson y colaboradores (1993) recomiendan la inclusión de residuos granulares húmedos de destilerías de etanol en niveles de hasta 40 % en dietas para toretes.

#### **B. Alimentación animal con residuos orgánicos de origen animal**

Ragland y colaboradores (1998) evaluaron la digestibilidad de la energía metabolizable en patos y cerdos que consumieron dietas con residuos solubles de carne de cerdo. Los residuos se colectaron en forma líquida y se deshidrataron antes de incorporarse a la dieta. La digestibilidad de la materia seca en los patos fue similar entre las dietas y el testigo (una dieta compuesta mayormente de soya). La digestibilidad de la materia seca fue menor en los cerdos con la inclusión de los residuos solubles comparado con la dieta de soya.

El chocolate en leche en polvo es un subproducto de las industrias productoras de dulces, consistente de aproximadamente partes iguales de leche, de cocoa y de sacarosa (Yang et al., 1997). Yang y colaboradores (1997) estudiaron el desempeño de cerdos al destete cuando se sustituyó suero de leche en polvo por chocolate en leche también en polvo en la dieta. Los autores escogieron aleatoriamente cerditos con una edad promedio de 25 días y un peso



vivo promedio de 7.4 kg. Se observó que al sustituir el suero de leche (20 % presente en la dieta) por chocolate en leche, se redujo la ganancia en peso diario ( $P \leq 0.03$ ), el consumo diario ( $P \leq 0.06$ ) y la eficiencia alimenticia ( $P \leq 0.06$ ). Sin embargo, la inclusión en la dieta de 5 % de chocolate en leche y 15 % del suero de leche no produjo diferencias entre el desempeño de los cerditos comparado con la inclusión de 0 % de chocolate en leche y 20 % de suero de leche. En otra parte del estudio, los investigadores compararon la aceptación de la dieta testigo (0 % de chocolate en leche en polvo + 0 % suero de leche en polvo) con las siguientes dietas: (1) 0 % + 15 %; (2) 5 % + 10 %; (3) 10 % + 5 %; y (4) 15 % + 0 % de chocolate en leche en polvo + suero de leche en polvo, respectivamente. En general los cerdos prefirieron las dietas que contenían chocolate en leche en polvo ( $P \leq 0.01$ ). Los autores concluyen que se puede incluir hasta un 5 % de chocolate en leche en polvo en la dieta de cerdos al destete, porque aumenta la palatabilidad y no causa efectos negativos sobre el desempeño de los mismos.

Hansen y colaboradores (1993) compararon la inclusión de leche desnatada (20.00 %), plasma porcino (10.28 %), sangre porcina (6.62 %), plasma bovino (6.96 %) ó extractos de carne (15.71 %) como suplementos proteicos durante 14 días en dietas para cerdos al destete (5.3 kg de peso vivo promedio y 21 días de edad). Luego de los 14 días, todos los cerdos consumieron una misma dieta (22.71 % soya y 55.85 % maíz) por 21 días. Los cerdos alimentados con la dieta que contenía plasma porcino tuvieron durante la primera semana 72 y 81 g d<sup>-1</sup> de ganancia en peso diario y consumo diario, respectivamente; superando a los cerdos alimentados con la dieta que contenía

sangre porcina. Durante las primeras dos semanas, los cerdos que consumieron plasma porcino pesaron  $50 \text{ g d}^{-1}$  más que los cerdos que consumieron leche desnatada o plasma bovino, y pesaron  $115 \text{ g d}^{-1}$  más que los cerdos que consumieron los extractos de carnes. Además, estos animales consumieron más alimento diariamente ( $77 \text{ g d}^{-1}$ ) que los cerdos que recibieron el plasma bovino en la dieta. Excepto por la dieta con plasma porcino, no hubo diferencias entre los tratamientos para ninguna de las variables mencionadas anteriormente. Durante las semanas 3 y 4, los cerdos alimentados con plasma porcino mostraron la ganancia en peso diario más baja ( $482 \text{ g d}^{-1}$ ). El análisis estadístico de la fase experimental total (0 a 35 días) no mostró diferencias entre los tratamientos. Hansen y colaboradores (1993) recomiendan la inclusión del plasma porcino en las dietas para cerdos al destete, aunque los efectos positivos se notaron solamente durante las primeras dos semanas de la investigación.

Wohlt y colaboradores (1994) usaron vísceras de almejas (*Spisula solidissima*) para reemplazar parte de la proteína proveniente de la soya en dietas para cerdos, desde crecimiento hasta terminado. El análisis químico de las vísceras demostró que éstas tienen un contenido de amino ácidos similar a la soya. La tasa de crecimiento desde los 18 kg hasta los 92 kg fue similar entre los cerdos a los que se les reemplazó 0, 5 ó 10 % de soya por vísceras de almejas. Sin embargo, la carne cocida de los cerdos alimentados con las vísceras de almejas (sacrificados a los 92 kg de peso vivo) tuvo un aroma distintivo a pescado. Los autores concluyen que se puede reemplazar con vísceras de almejas hasta un 10 % de la soya sin efectos negativos en el desempeño de

cerdos en crecimiento, pero que debe determinarse el nivel óptimo de inclusión para no afectar el olor de la carne.

Los residuos viscerales de la vieira, *Aequipecten gibbus*, contienen alrededor de un 80 % de proteína de buena calidad, pero su alto contenido de humedad (75 a 85 %) presenta problemas en el manejo y almacenamiento de los mismos (Myer, citado por Myer et al., 1990). Myer y colaboradores (1990) prepararon ensilaje de vísceras de vieira para incluirlo en niveles de 0 % ó 24 % en dietas para cerdos durante el engorde y terminado. Los investigadores no observaron efectos sobre la ganancia en peso diario, consumo de materia seca ni en la eficiencia alimenticia ( $P \geq .10$ ). Tampoco encontraron diferencias en la digestibilidad de la materia seca, nitrógeno o energía. Sin embargo la digestibilidad de la proteína bruta fue mayor en los cerdos que consumieron las vísceras de la vieira ( $P \leq .10$ ). Aunque las características de la canal (capa de grasa y área del músculo dorsal largo), el color, la firmeza, y la textura de la carne fueron similares entre los dos tratamientos, los investigadores detectaron diferencias (aceptables) en el sabor de la carne ( $P \leq .05$ ). Los resultados de este experimento sugieren el uso del ensilaje de los residuos viscerales de la vieira en las dietas de engorde y terminado para cerdos.

### **C. Alimentación con residuos de cafeterías**

Myer y colaboradores (1999) evaluaron la inclusión de residuos deshidratados de dos restaurantes en las dietas para cerdos en crecimiento y terminado. Los residuos contenían 11.4 y 8.4 % de agua, 15.0 y 14.4 % de proteína bruta, 13.8 y 16 % de grasa bruta, 10.4 y 14.5 % de fibra bruta y 5.8 y 4.7 % de minerales para el restaurante 1 y 2, respectivamente. Se hicieron dos experimentos para comparar estos residuos deshidratados con un grupo testigo alimentado con un concentrado comercial. En el primer experimento, se sustituyó 40 % de la dieta con los residuos deshidratados y en el segundo sustituyó el 80 % de la dieta. En ambos experimentos todos los cerdos tuvieron una ganancia en peso diario similar ( $P \geq .10$ ), pero la eficiencia alimenticia fue superior en los cerdos suplementados con estos residuos ( $P \leq .01$ ). Las características de la canal no se afectaron con la inclusión de los residuos deshidratados. Estos investigadores concluyen que los residuos deshidratados de restaurantes pueden incorporarse en el alimento de cerdos sin afectar adversamente el desempeño de los mismos.

Westendorf y colaboradores (1998) compararon el crecimiento, la calidad de la carne y la digestibilidad de la dieta entre cerdos alimentados con residuos de cafeterías o con una dieta basada principalmente en maíz y soya. Durante la fase de crecimiento los cerdos alimentados con la dieta basada en maíz-soya ganaron peso más rápido ( $P \leq .05$ ) comparado con los que recibieron 50 % de residuos de cafeterías. Sin embargo, durante la fase de terminado la combinación de 50 % maíz-soya + 50 % residuos de cafeterías mostró

resultados similares ( $P \geq .05$ ) para ganancia en peso que la dieta con 100 % maíz-soya. La digestibilidad de la materia seca también fue similar entre las dietas, pero la digestibilidad de la proteína bruta y del extracto etéreo fue mayor para los cerdos que consumieron los residuos de cafetería ( $P \leq .05$ ). Los cerdos fueron sacrificados al finalizar la fase de terminado y no se encontró diferencias en el sabor ni la textura de la carne. Estos resultados confirman los obtenidos por Myer y colaboradores (1999) sobre el valor nutritivo de los residuos de cafetería y su uso en combinación con dietas de maíz-soya.

#### **D. Alimentación líquida y subproductos**

Geary y colaboradores (1996) evaluaron los efectos de cuatro dietas mezcladas con agua, que proveían 14.9, 17.9, 22.4 ó 25.5 % de materia seca en cerdos destetados a los  $24 \pm 2.6$  días. La concentración de materia seca no tuvo efecto significativo sobre el consumo de materia seca, ganancia en peso o eficiencia alimenticia. Al disminuir la cantidad de materia seca en las dietas, los cerdos consumían más alimento, manteniendo estable su consumo de materia seca. Los autores concluyen que los cerdos recién destetados pueden aceptar alimento líquido en concentraciones desde 14.9 a 25.5 % de materia seca y que el contenido de materia seca en este rango tiene poco efecto sobre el desempeño post-destete de los mismos.

Lawlor y colaboradores (2002) examinaron los efectos de diferentes dietas en cerdos desde el destete hasta la matanza. Se alimentaron los cerdos con alimento concentrado seco, alimento líquido fresco (2 partes agua y una

parte alimento), alimento líquido fermentado y alimento líquido acidificado. No se encontraron diferencias en el uso del alimento líquido fresco o fermentado, comparado con el alimento concentrado seco, durante todo el experimento. El desempeño de los cerdos durante el crecimiento, desde el día 28 post-destete hasta el día de la matanza, fue similar con todas las dietas de alimentación líquida. Los autores concluyeron que la alimentación líquida acidificada tiene algún mérito durante los primeros 27 días post-destete, pero que sus beneficios no se mantienen hasta la matanza.

Kim y colaboradores (2001) analizaron los efectos del consumo de una dieta líquida en cerdos destetados temprano. Durante 14 días luego del destete (11 días de edad promedio), 240 cerditos con un peso promedio de 3.93 kg se dividieron aleatoriamente en un arreglo factorial 2x2 para analizar la forma física del alimento (perdigones secos vs. reemplazo líquido de leche) y la temperatura del ambiente (24 vs. 30 °C). Ambas dietas se formularon para proveer el mismo contenido de nutrientes. Luego de los 14 días, todos los cerdos se alimentaron con el mismo alimento seco y se mantuvieron en las mismas condiciones ambientales. Al finalizar los 14 días de tratamiento los cerdos alimentados con la dieta líquida pesaron 21 % más y su ganancia en peso diaria fue 44 % mayor que los cerdos alimentados con el alimento seco. Esta ganancia se mantuvo hasta el final del periodo de crecimiento. Los cerdos alimentados con la dieta líquida alcanzaron el peso de venta (110 kg) 3.7 días antes que los alimentados con alimento seco. No hubo diferencias significativas en el crecimiento de los cerdos durante el final de la etapa de crecimiento ni en la calidad de la canal.

Los investigadores concluyen que la alimentación con reemplazo líquido de leche en cerditos destetados temprano puede acelerar marcadamente el crecimiento de éstos. Estos resultados contrastan con los reportados por Lawlor y colaboradores (2002), quienes encontraron que los efectos beneficiosos de una dieta líquida no se mantuvieron hasta el periodo final de crecimiento.

Maswaure y Mandisodza (1995) evaluaron el consumo y el valor nutricional del suero de leche en 385 cerdos destetados a las 5 semanas de edad. Se alimentaron durante 4 semanas un grupo de cerdos con alimento concentrado, otro con alimento concentrado más suero de leche mezclado y un tercer grupo con alimento concentrado más suero de leche ofrecido por separado. La alimentación con suero de leche y concentrado por separado redujo el consumo de concentrado en un 10.2 % debido a un aumento en el consumo de suero lo que a su vez aumentó la incidencia de diarreas durante la primera semana post-destete. Este efecto se redujo al pasar los días y no afectó adversamente el desempeño de los cerdos para alcanzar el peso de matanza. El peso promedio diario fue mayor en los cerdos que recibieron las dos dietas suplementadas con suero de leche durante las primeras 2 semanas y este efecto se mantuvo por 12 semanas post-destete. Los autores concluyen que el suero de leche puede utilizarse en dietas para cerdos al destete porque aumentó el desempeño de los mismos, aunque aumentó la incidencia de diarreas durante la primera semana.

Los cerditos lactantes suplementados con un reemplazo de leche previo al destete tienen un mejor desempeño productivo (Azain, citado por Oliver et al.,

2002) que los no suplementados. Oliver y colaboradores (2002) evaluaron el uso de sólidos de sirop de maíz parcialmente hidrolizado como suplemento para proveer carbohidratos en dietas para cerdos neonatos. Los investigadores no encontraron diferencias en la ganancia en peso diario, consumo diario o eficiencia alimenticia ( $P \geq .19$ ) asociados con la suplementación de sirop de maíz como fuente de carbohidratos durante los primeros 20 días previos al destete. Los resultados obtenidos por Oliver y colaboradores sugieren que los sólidos del sirop de maíz parcialmente hidrolizados pueden suplir carbohidratos en las dieta de cerdos neonatos, mejorando el desempeño de cerditos lactantes.



## **OBJETIVOS**

El propósito de esta investigación fue evaluar la adición a 3 niveles de aguas residuales de una planta productora de caramelo sobre el desempeño productivo, características de la canal y metabolitos de la sangre en cerdos desde crecimiento hasta terminado. La estabilidad aeróbica del residuo líquido también se evaluó.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **A. Aguas residuales de una planta productora de caramelo**

Las aguas residuales se obtuvieron de una planta productora de caramelo localizada en Gurabo, Puerto Rico. Estas aguas son el resultado del lavado del equipo usado en la producción de caramelo. Las aguas se almacenaron en envases tapados de 210 litros a temperatura ambiente (26-32 °C) y se obtuvieron en dos ocasiones: una semana antes del comienzo del experimento y a las 10 semanas de comenzada la investigación.

### **B. Facilidades físicas**

La investigación se llevó a cabo en la Granja de Cerdos del Departamento de Industria Pecuaria de la Universidad de Puerto Rico, localizada en Lajas y tuvo una duración de 5 meses (noviembre 2002 hasta marzo 2003). Se usaron jaulas con pisos contruidos con malla de acero revestidas en plástico con dimensiones de 1.2 X 1.2 metros. Las paredes eran de galvalume y los techos de madera y alambre. Los cerdos se alojaron en estas jaulas durante cuatro semanas después del destete. Cada jaula se equipó con bebederos tipo niple y comederos de metal. Después de estas cuatro semanas los cerdos se alojaron en jaulas de 2.4 X 2.4 metros con pisos en cemento, techos de planchas de zinc, paredes de bloques entre jaulas y alambre ciclón en 2 paredes laterales. Cada jaula se equipó con un bebedero tipo paleta y 1 comedero de cemento con dimensiones de 0.6 x 0.3 X 0.15 metros de dos divisiones.



Figura 1. Ejemplo de las jaulas usadas durante la fase post-destete.



Figura 2. Ejemplo de las jaulas usadas durante las fases de engorde y terminado.

### C. Animales

Se usaron 24 cerdos cruzados (Duroc X Yorkshire), hembras y machos castrados, destetados a los  $28 \pm 2$  días de edad, con un peso vivo promedio de  $6.9 \pm 1.7$  kg. Al momento del destete los cerdos se inyectaron con 1cc de hierro (*Iron dextran*) y 1cc de ivermectina.

Se colocaron una hembra y un macho castrado por jaula y se les permitió una semana de ajuste antes de proveer las dietas experimentales por las siguientes tres semanas (fase post-destete, 21 % proteína). Los cerdos se pesaron semanalmente para calcular la cantidad de alimento a ofrecerse por jaula. Luego de la fase post-destete, los cerdos recibieron la dieta con 16 % de proteína (fase de engorde) hasta alcanzar un peso promedio de  $74.1 \pm 4.5$  kg por jaula. Al alcanzar este peso promedio, los cerdos comenzaron a recibir una dieta con 15 % proteína (fase de terminado) por 14 días previo a la matanza. Se observaron los animales 2 veces a la semana para determinar la presencia de diarreas o alguna otra condición que pudiese afectar el desempeño de los animales.

Durante el primer y octavo día de la fase post-destete y el día antes de la matanza se tomó una muestra de sangre de la vena yugular de cada cerdo. Las muestras de sangre se centrifugaron y el suero se guardó en una nevera desechable con hielo para llevarse el mismo día a un laboratorio clínico.

El espesor de la capa de grasa y el área del músculo dorsal largo se determinaron a las diez semanas del experimento y al final de la investigación mediante sonografía (Sono-grader, Renco®). El área del músculo dorsal largo se

determinó en la décima costilla, mientras que para determinar el espesor de la capa de grasa se obtuvo el promedio de tres medidas: primera costilla, décima costilla y sobre el pernil trasero (Anónimo, 2002).

Al finalizar el experimento los cerdos se sacrificaron en un matadero comercial y se evaluó su canal.

#### **D. Dietas**

Se usaron tres dietas provistas por un molino comercial (Tender Mills en Moca) para cada una de las fases: destete hasta 4 semanas (21 % proteína); 56 ±2 días de edad hasta 74.1 ±4.5 kg (16 % proteína) y 74.1 ±4.5 kg hasta la matanza (15 % proteína). Los tratamientos consistieron en la adición de 0 (testigo), 5 ó 7.5 % de aguas residuales de la producción de caramelo (ARPC) al alimento concentrado total ofrecido por jaula; esta última cantidad se estimó semanalmente en base al 8 % del peso vivo total por jaula durante la fase post-destete; para las fases de engorde y terminado se disminuyó al 6 % del peso vivo. Se colectaron semanalmente muestras del alimento ofrecido y se analizaron en un laboratorio químico comercial (*Dairy One Forage Lab*, en Ithaca, NY) para medir materia seca, materia orgánica, materia inorgánica, proteína bruta, fibra neutro detergente y grasa bruta. La energía bruta contenida en el alimento se estimó utilizando la relación:

$$EB= 4143 + (56 X \% EE) + (15 X \% PB) - (44 X \% cenizas)$$

(Ewan citado en el NRC, 1998)

donde;

EB= energía bruta

EE= extracto etéreo (grasa bruta)

PB= proteína bruta

En las dietas experimentales se evaluó el contenido de sodio y azufre, por encontrarse en altas concentraciones en las aguas residuales.

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

#### **E. Diseño experimental**

Se usó un diseño en bloques completamente aleatorizado (n=4), con los bloques organizados por el peso al destete, siendo el bloque 1 el más pesado y el bloque 4 el menos pesado (peso promedio por bloque: 8.3, 7.2, 6.4 y 5.5 kg para los bloques 1, 2, 3 y 4, respectivamente). Los bloques se asignaron a uno de tres tratamientos: 0 (testigo), 5 ó 7.5 % de adición de ARPC al alimento.

#### **F. Variables**

##### 1. Variables de producción

Los animales se pesaron semanalmente con una balanza con capacidad para 227 kg y precisión de  $\pm 1\%$  (Osborne Industries). El consumo de materia seca se estimó por diferencia del alimento ofrecido menos el rechazado semanalmente en base seca. La eficiencia alimenticia se calculó en base a

kilogramos de alimento seco consumido/ kilogramos de ganancia en peso. Todas estas variables se analizaron para cada fase de producción y para todo el periodo experimental.

## 2. Metabolitos de la sangre

El suero llevado al laboratorio clínico se usó para medir los niveles de glucosa y sodio.

## 3. Características de la canal

Los criterios evaluados fueron: peso de la canal caliente, peso de la canal fría (24 horas más tarde), largo de la canal (medido desde el borde anterior de la primera costilla hasta el espéculo del hueso pélvico) y peso de los cortes principales (pernil delantero, pernil trasero, lomo y costillar) (Cianzio, 1984). Además se determinó el porcentaje de rendimiento a la matanza ( $\text{Peso de la canal caliente} \times 100 / \text{Peso a la matanza}$ ), el porcentaje de rendimiento de la canal fría ( $\text{Peso de la canal fría} \times 100 / \text{Peso de la canal caliente}$ ) y el porcentaje de rendimiento de los cortes principales ( $[(\text{Peso de los pernils delanteros} + \text{peso de los pernils traseros} + \text{peso del lomo} + \text{peso del costillar}) \times 100 / \text{Peso de la canal fría}]$ ) (Cianzio, 1984).

## 4. Estabilidad aeróbica de las aguas residuales

Se obtuvieron tres muestras de 18 litros de cada una de las aguas residuales recibidas a las diez semanas del experimento. Estas muestras se mantuvieron a temperatura ambiente en barriles plásticos para evaluar la vida útil del residuo líquido. Se colocó un termómetro dentro de cada barril para medir semanalmente la temperatura del líquido. Durante cuatro semanas se obtuvo

una muestra semanal de 50 mL de cada barril y se les midió el pH; estas muestras luego se congelaron y se enviaron a *Dairy One Forage Lab*, en Ithaca, NY para medir las concentraciones de ácido acético, ácido propiónico y ácido butírico.

## G. Análisis estadístico

### 1. Variables de producción

Las variables de producción se analizaron como un diseño de bloques completamente aleatorizados, de acuerdo al modelo lineal general (GLM) utilizando el programa SAS (1990). Para evaluar los efectos de la adición de ARPC se usó como covariable el peso promedio por jaula al comienzo de cada fase. Para el análisis de todo el periodo experimental se usó la misma covariable que para la fase post-destete. El modelo usado fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \tau_k + \varepsilon_{ijk}$$

donde;

$Y_{ijk}$  = Consumo total y diario de materia seca, ganancia en peso total y diario, eficiencia alimenticia y días en alcanzar los 36, 55 y 82 kg

$\mu$  = Media poblacional estimada

$\alpha_i$  = Efecto de los niveles de adición de ARPC (0, 5 ó 7.5 %)

$\beta_j$  = Efecto del bloque (1, 2, 3 y 4)

$\tau_k$  = Efecto de la covariable (peso total por jaula al comienzo de cada fase experimental, excepto para los días en



alcanzar los 35, 55 y 82 kg, donde se utilizó el peso al comienzo de la fase post-destete)

$\varepsilon_{ijk}$  = Error experimental asociado a las dietas, bloque y covariable

## 2. Características de la canal

Para analizar las características de la canal se usó un diseño de parcelas divididas.

### a. A las 10 semanas

La capa de grasa y el área del músculo dorsal largo, medidas a las 10 semanas de comenzado el experimento, se analizaron usando los niveles de adición de ARPC, el bloque, el sexo y la covariable peso individual del animal a las 10 semanas de comenzado el experimento. El modelo usado fue:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \tau_k + \gamma_l + \alpha\beta_{ij} + \alpha\gamma_{il} + \varepsilon_{ijkl}$$

donde;

$Y_{ijkl}$  = Capa de grasa y área del músculo dorsal largo

$\mu$  = Media poblacional estimada

$\alpha_i$  = Efecto de niveles de adición de ARPC (0, 5 ó 7.5 %)

$\beta_j$  = efecto del bloque (1, 2, 3 y 4)

$\tau_k$  = Efecto de la covariable peso individual del animal el día en que se tomaron estas medidas

$\gamma_l$  = Efecto del sexo

$\alpha\beta_{ij}$  = Efecto de la interacción entre los niveles de adición de ARPC y el bloque

$\alpha\gamma_{ii}$  = Efecto de la interacción entre los niveles de ARPC y el sexo

$\varepsilon_{ijkl}$  = Error experimental asociado a los niveles de adición de ARPC, bloque, sexo y covariable

#### b. Matanza

Las características de la canal se analizaron incluyendo los niveles de adición de ARPC, el bloque, el sexo y la covariable peso individual del animal previo a la matanza. El modelo usado fue:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \tau_k + \gamma_l + \alpha\beta_{ij} + \alpha\gamma_{il} + \varepsilon_{ijkl}$$

donde;

$Y_{ijkl}$  = Peso de la canal caliente, peso de la canal fría, largo de la canal, espesor de la capa de grasa, peso de los cortes principales (pernil delantero, pernil trasero, costillar y lomo), área del músculo dorsal largo, rendimiento de la canal, y rendimiento de los cortes principales

$\mu$  = Media poblacional estimada

$\alpha_i$  = Efecto de niveles de adición de ARPC (0, 5 ó 7.5 %)

$\beta_j$  = efecto del bloque (1, 2, 3 y 4)

$\tau_k$  = Efecto de la covariable peso individual del animal previo a la matanza

$\gamma_l$  = Efecto del sexo

$\alpha\beta_{ij}$  = Efecto de la interacción entre los niveles de adición

de ARPC y el bloque

$\alpha\gamma_{il}$  = Efecto de la interacción entre los niveles de ARPC y el sexo

$\varepsilon_{ijkl}$  = Error experimental asociado a los niveles de adición de ARPC, bloque, sexo y covariable

### 3. Metabolitos de la sangre

El análisis de la concentración de glucosa y sodio en la sangre de los cerdos se hizo de acuerdo al modelo de medidas repetidas usando el programa SAS (SAS 1990). El modelo usado fue:

$$Y_{ijlm} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_l + \omega_m + \alpha\gamma_{il} + \alpha\omega_{im} + \varepsilon_{l(ijm)}$$

donde;

$Y_{ijlm}$  = Concentración de glucosa y sodio en la sangre

$\mu$  = Media poblacional estimada

$\alpha_i$  = Efecto de niveles de adición de ARPC (0, 5 ó 7.5 %)

$\beta_j$  = efecto del bloque (1, 2, 3 y 4)

$\gamma_l$  = Efecto del sexo

$\omega_m$  = Efecto del día de sangrado (Primer y octavo día de investigación y previo a la matanza)

$\alpha\gamma_{il}$  = Efecto de la interacción entre los niveles de adición de ARPC y el sexo

$\alpha\omega_{im}$  = Efecto de la interacción entre los niveles de adición de ARPC y el día de sangrado

$\varepsilon_{l(ijm)}$  = Error experimental asociado a los niveles de adición  
de ARPC, bloque, sexo y día de sangrado

#### 5. Estabilidad aeróbica de las aguas residuales

Para analizar las aguas residuales se usó un modelo de medidas repetidas mediante el programa SAS (SAS 1990). El modelo usado fue:

$$Y_{no} = \mu + \chi_n + \phi_o + \varepsilon_{no}$$

donde;

$Y_{no}$  = Concentración de ácido acético, propiónico y butírico, y  
valor del pH

$\chi_n$  = Efecto del barril (1, 2 y 3)

$\phi_o$  = Efecto de la semana (1, 2, 3 y 4)

$\varepsilon_{no}$  = Error experimental asociado al barril y semana

En todos los análisis se estableció un nivel de significancia de  $P \leq 0.08$  para establecer diferencias significativas.

## Resultados y Discusión

### A. Aguas residuales

La composición química de las aguas residuales usadas en este estudio se presenta en la Tabla 1.

**Tabla 1. Composición química 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 **	6.9
Grasa bruta*	2.7
Sodio*	14.3
Azufre*	10.5

\* Base seca

\*\*Base húmeda

Análisis previos de estas aguas residuales informaron valores similares (88.1 % agua, 11.9 % materia seca, 96.9 % de materia orgánica en base seca, 3.10 % de materia inorgánica en base seca y 4.01 % de proteína bruta en base seca y 7.89 % de carbohidratos solubles en agua en base húmeda) (León et al., en prensa).

### B. Variables de producción

#### 1. Fase post-destete

##### a. Dietas experimentales

La composición química de las dietas ofrecidas durante esta fase se presentan en la Tabla 2. El contenido de materia seca fue mayor para la dieta testigo, lo que era de esperarse debido al alto contenido de agua (81.4 %) del ARPC. El contenido de proteína bruta y de energía bruta fue similar entre los

diferentes niveles de adición de ARPC. El contenido de azufre y sodio fue mayor en la dieta con 7.5 % de adición, lo que puede explicarse por el alto contenido de azufre y sodio en las aguas residuales (Tabla 1). El National Research Council (NRC) (1998) no establece requisitos mínimos de azufre para cerdos, indicando que en una dieta balanceada el azufre provisto por los amino ácidos azufrados debe ser adecuado. Por otra parte, 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 sodio si se les provee agua libremente.

**Tabla 2. Composición química de las dietas ofrecidas durante la fase post-destete**

Composición química, % <sup>a</sup>	Niveles de adición de ARPC (%)		
	0	5	7.5
Materia Seca	90.8	88.1	87.4
Materia orgánica	92.71	92.76	92.54
Materia inorgánica	7.29	7.24	7.46
Grasa bruta	6.2	6.1	6.0
Proteína bruta	22.5	22.6	22.7
Fibra neutro detergente	7.7	8.3	9.1
Energía bruta , kcal kg <sup>-1</sup>	4146.64	4146.62	4146.48
Sodio	0.251	1.788	1.821
Azufre	0.26	0.32	0.41

<sup>a</sup> Base seca

## b. Variables de producción

### 1. Consumo

Durante la fase post-destete, el consumo total y diario de materia seca de los cerditos fue afectado significativamente por el tratamiento (Tabla 3) y la covariable peso total por jaula al comienzo de esta fase. La covariable estuvo altamente correlacionada con el consumo total y diario de materia seca ( $r^2=0.91$ ,

$P \leq 0.001$ ). Las ecuaciones de regresión lineal que mejor se ajustaron para este efecto fueron  $Y = -0.7719 + 2.1802X$  y  $Y = -0.0368 + 0.1038X$  para consumo total y diario respectivamente, donde  $Y =$  consumo total o diario y  $X =$  peso total por jaula al comienzo de la fase. Los cerdos con mayor peso al comienzo de la fase tuvieron el mayor consumo total y diario de materia seca.

**Tabla 3. Medias mínimas cuadradas y error estándar para las variables evaluadas durante la fase post-destete**

	Niveles de adición de ARPC (%) <sup>*</sup>			ESM <sup>1</sup>
	0	5	7.5	
Número de días	21	21	21	
Consumo total de MS <sup>2</sup> , kg	31.46 <sup>a</sup>	32.78 <sup>ab</sup>	34.28 <sup>b</sup>	0.67
Consumo diario de MS <sup>2</sup> , kg	1.50 <sup>a</sup>	1.56 <sup>ab</sup>	1.63 <sup>b</sup>	0.03
GPT <sup>3</sup> , kg	16.51 <sup>a</sup>	15.55 <sup>a</sup>	21.23 <sup>b</sup>	0.43
GPD <sup>4</sup> , kg	0.79 <sup>a</sup>	0.74 <sup>a</sup>	1.01 <sup>b</sup>	0.02
Eficiencia alimenticia	0.52 <sup>a</sup>	0.47 <sup>a</sup>	0.62 <sup>b</sup>	0.02
Consumo:Ganancia	1.92 <sup>a</sup>	2.12 <sup>a</sup>	1.61 <sup>b</sup>	0.06

<sup>\*</sup>Letras 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.

<sup>1</sup>ESM= Error estándar de la media

<sup>2</sup>MS= Materia seca

<sup>3</sup>GPT= Ganancia en peso total

<sup>4</sup>GPD= Ganancia en peso diario

Los cerdos con la dieta de 7.5 % de ARPC consumieron 2.82 kg más durante toda la fase (34.28 kg vs. 31.46 kg, para 7.5 % vs. 0 % respectivamente) y 0.13 kg más diariamente (1.63 kg vs 1.50 kg, para 7.5% vs. 0%, respectivamente) que el grupo testigo. Es posible que las aguas residuales, que durante esta fase eran frescas, hayan aumentado la palatabilidad del alimento y por esto los cerdos con 7.5 % de ARPC consumieron más que el grupo testigo. Yang y colaboradores (1997) demostraron que la aceptación del alimento concentrado aumenta cuando se incluye en la dieta hasta un 5 % de chocolate en leche en polvo. Hansen y colaboradores (1993) observaron que la inclusión

de plasma porcino en la dieta de cerdos en crecimiento aumenta el consumo por los animales.

## 2. Ganancia en peso

Durante la fase post-destete, la ganancia en peso total y diario fueron afectadas significativamente por el tratamiento y la covariable. La correlación entre el peso al comienzo de la fase y la ganancia en peso total y diario fue de  $r^2=0.66$ ,  $P\leq 0.05$ . Las ecuaciones de regresión lineal que mejor se ajustaron fueron  $Y = -2.9665 + 1.3448X$  y  $Y = -0.1413 + 0.0640X$  para la ganancia en peso total y diario respectivamente, donde  $Y$  = ganancia en peso total o diario y  $X$  = peso total por jaula al comienzo de la fase. Los cerdos de mayor peso al comienzo de la fase tuvieron la mayor ganancia en peso total y diario.

Los animales con las dietas de 7.5 % de ARPC obtuvieron la mayor ganancia en peso total (21.23 kg vs. 16.51 y 15.55 kg, para 7.5 % vs. 0 y 5 % de ARPC, respectivamente) y diario (1.01 kg vs. 0.79 y 0.74 kg, para 7.5 vs 0 y 5 % de ARPC, respectivamente) durante esta fase. Esta ganancia 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 aguas residuales de una planta productora de caramelo, los resultados obtenidos para ganancia en peso compararon con los obtenidos por los investigadores anteriores, quienes utilizaron subproductos de mejor calidad.



### 3. Eficiencia alimenticia

Durante la fase post-destete, la eficiencia alimenticia (kg de alimento seco consumido/kg de ganancia en peso corporal) se afectó significativamente por el tratamiento. La eficiencia alimenticia fue mayor para los cerdos que consumieron 7.5 % de ARPC (0.62 vs. 0.52 y 0.47 para 7.5 % comparado con 0 y 5 %, respectivamente). Aunque Geary y colaboradores (1996) no encontraron diferencias en la eficiencia alimenticia de cerdos cuando mezclaron el alimento concentrado con agua, Myer y colaboradores (1999) obtuvieron una mejor eficiencia alimenticia cuando incluyeron en la dieta residuos deshidratados de cafeterías. Las aguas residuales de la planta productora de caramelo usadas en este estudio le añadieron valor nutritivo a las dietas, lo que pudo haber mejorado la eficiencia alimenticia de los cerdos alimentados con 7.5 % de ARPC.

#### 2. Fase de engorde

##### a. Dietas experimentales

La composición química de las dietas ofrecidas durante esta fase se presentan en la Tabla 4. Al igual que en la fase post-destete, el contenido de materia seca fue mayor para la dieta testigo comparado con la adición de 5 y 7.5 % de ARPC. El contenido de proteína bruta y de energía bruta fue similar entre los diferentes niveles de adición de ARPC, pero al igual que con la dieta post-destete, el contenido de azufre y sodio fue mayor en la dieta con 7.5 % de adición.

**Tabla 4. Composición química de las dietas ofrecidas durante la fase de engorde**

Composición química, % <sup>a</sup>	Niveles de adición de ARPC (%)		
	0	5	7.5
Materia Seca	88.9	85.7	82.1
Materia orgánica	93.86	93.64	93.54
Materia inorgánica	6.14	6.36	6.46
Grasa bruta	5.6	5.6	5.3
Proteína bruta	20.5	19.5	20.6
Fibra neutro detergente	16.7	15.2	16.5
Energía bruta, kcal kg <sup>-1</sup>	4146.51	4146.27	4146.07
Sodio	0.298	0.507	0.622
Azufre	0.19	0.38	0.49

<sup>a</sup>Base seca

## b. Variables de producción

## 1. Consumo de materia seca

Durante esta fase el consumo total de materia seca fue similar entre los tratamientos (Tabla 5), pero el consumo diario de materia seca fue afectado significativamente por 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 bloque 1 (5.86 kg vs. 5.03 kg para el bloque 4 vs. 1, respectivamente). La correlación entre el peso total por jaula al comienzo de esta fase y el consumo diario de materia seca fue de  $r^2=0.74$ ,  $P\leq.05$ . 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.

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

	Niveles de adición de ARPC (%) <sup>*</sup>			ESM <sup>1</sup>
	0	5	7.5	
Número de días	56.7 <sup>a</sup>	63.6 <sup>b</sup>	68.7 <sup>b</sup>	2.13
Consumo total de MS <sup>2</sup> , kg	329.08	342.61	327.68	13.75
Consumo diario de MS <sup>2</sup> , kg	5.87 <sup>a</sup>	5.47 <sup>b</sup>	4.69 <sup>c</sup>	0.09
GPT <sup>3</sup> , kg	116.60	113.71	113.81	1.96
GPD <sup>4</sup> , kg	2.07 <sup>a</sup>	1.81 <sup>b</sup>	1.64 <sup>b</sup>	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	46.7 <sup>a</sup>	52.7 <sup>b</sup>	48.1 <sup>a</sup>	0.9
Días en alcanzar los 55 kg	65.9 <sup>a</sup>	72.7 <sup>b</sup>	68.2 <sup>a</sup>	0.9

<sup>\*</sup>Letras 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.

<sup>1</sup>ESM= Error estándar de la media

<sup>2</sup>MS= Materia seca

<sup>3</sup>GPT= Ganancia en peso total

<sup>4</sup>GPD= Ganancia en peso diario

El consumo diario de materia seca se redujo significativamente a medida que los niveles de ARPC aumentaron (5.87 kg vs. 5.47 y 4.69 kg, para 0 % vs. 5 y 7.5 % de ARPC, respectivamente). Las aguas residuales usadas al comienzo de esta fase llevaban almacenadas más de 4 semanas y se observó espuma en la superficie de las mismas. Estas aguas almacenadas pudieron haber reducido el consumo diario de materia seca por cambios en la palatabilidad del alimento. Además, durante esta fase cuatro de los cerdos con 5 % y tres de los cerdos con 7.5 % de adición de ARPC sufrieron de diarreas por 2-5 días consecutivos. Esta diarrea no se observó en los cerdos del grupo testigo. Una explicación para las diarreas puede ser el alto contenido de sodio en la dieta (Tabla 4). Los cerdos que recibieron las dietas con 5 y 7.5 % de ARPC consumieron diariamente 0.13 % y 0.20 % de sodio aportado exclusivamente por el ARPC (Apéndice 1). El requisito de sodio para cerdos durante esta fase es 0.10 % (NRC, 1998).

Ehrlein y colaboradores (1999) establecen que niveles de sodio superiores a los requeridos, pero debajo de los niveles tóxicos (3.2 %) aumentan la osmolaridad de la dieta, aumentando el flujo de agua al lumen intestinal; esto 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 en la dieta y a su vez disminuía el consumo diario de materia seca. 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 niveles de ARPC. Esto pudo deberse a que estos animales tardaron más días en alcanzar el peso final para esta fase (Tabla 5), aumentando así su consumo total.

## 2. Ganancia en peso

Durante la fase de engorde, la ganancia en peso total fue similar entre los tratamientos, porque el peso de los animales fue el criterio utilizado para finalizar la fase. Sin embargo, la ganancia en peso diario se afectó significativamente por el tratamiento. A diferencia de lo ocurrido durante la fase de crecimiento, los cerdos alimentados con 7.5 % de adición de ARPC mostraron la menor ganancia en peso diario (1.64 y 1.81 kg vs. 2.07 kg, para 7.5 y 5 % vs. 0 % de ARPC, respectivamente). Esto puede atribuirse a un menor consumo diario de materia seca. La inclusión de algunos ingredientes puede reducir el consumo de los animales, por ejemplo, Mustafa y colaboradores (2000) encontraron que la

ganancia en peso diario en cerdos se afecta negativamente con la inclusión en la dieta de los guisantes de *Cicer arietum* asociado a un menor consumo.

### 3. Eficiencia alimenticia

La eficiencia alimenticia no se afectó significativamente por los niveles de adición de ARPC. Los valores obtenidos para la eficiencia alimenticia durante esta fase fueron similares a los reportados por Rahnema y Borton, 2000.

### 4. Días en alcanzar los 36 y 55 kg de peso vivo promedio y días totales en la fase de engorde

La covariable peso total por jaula al comienzo de la fase post-destete, afectó significativamente el número de días en alcanzar los 36 kg ( $r^2 = -0.81$ ,  $P \leq .01$ ) pero no el número de días en alcanzar los 55 kg de peso promedio. 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 con el mayor peso total por jaula 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 % de ARPC (Tabla 5). Los cerdos que consumieron esta dieta tardaron aproximadamente 6 días más que el grupo testigo en alcanzar los 36 y 55 kg de peso vivo promedio. Esta diferencia en días puede atribuirse a la incidencia de diarreas en algunos cerdos durante esta fase (4 cerdos vs. 0 y 3 cerdos para 5 % vs. 0 y 7.5 % de ARPC, respectivamente).

### 3. Fase de terminado

#### a. Dietas experimentales

La composición química de las dietas ofrecidas durante esta fase se presenta en la Tabla 6. Al igual que en las fases anteriores, el contenido de materia seca fue mayor para la dieta testigo, mientras que el contenido de proteína bruta y de energía bruta fue similar entre los diferentes niveles de adición de ARPC. Nuevamente en esta fase, el contenido de azufre y sodio fue mayor en la dieta con 7.5 % de adición de ARPC.

**Tabla 6. Composición química de las dietas ofrecidas durante la fase de terminado**

Composición química, % <sup>a</sup>	Niveles de adición de ARPC (%)		
	0	5	7.5
Materia Seca	88.7	85.1	81.8
Materia orgánica	94.99	94.31	93.71
Materia inorgánica	5.01	5.69	6.29
Grasa bruta	4.2	4.2	4.2
Proteína bruta	19.3	18.8	18.6
Fibra neutro detergente	16.8	15.6	18.7
Energía bruta, kcal kg <sup>-1</sup>	4146.04	4145.67	4145.37
Sodio	0.221	0.487	0.611
Azufre	0.17	0.37	0.51

<sup>a</sup>Base seca

#### b. Variables de producción

##### 1. Consumo

Durante esta fase el consumo total de materia seca fue significativamente menor para los cerdos alimentados con 7.5 % de ARPC (84.00 kg vs. 88.87 kg, para 7.5 % vs 0 %, respectivamente, Tabla 7) comparado con el grupo testigo. El consumo diario de materia seca también fue menor en estos animales (6.00 kg vs. 6.35 kg, para 7.5 % vs. 0 %, respectivamente). Es posible que, al igual que en la fase de engorde, el alto contenido de sodio disminuyera el consumo de los

animales con ARPC en la dieta. Parece que los animales regularon su consumo basándose en los niveles de sodio presentes en la dieta, de tal forma que mantuvieron constante el consumo de sodio a través de todo el periodo experimental (Apéndice 1).

**Tabla 7. Medias mínimas cuadradas y error estándar para las variables evaluadas durante la fase de terminado**

	Niveles de adición de ARPC (%) <sup>*</sup>			ESM <sup>1</sup>
	0	5	7.5	
Número de días	14	14	14	
Consumo total de MS <sup>2</sup> , kg	88.87 <sup>a</sup>	84.61 <sup>ab</sup>	84.00 <sup>b</sup>	1.50
Consumo diario de MS <sup>2</sup> , kg	6.35 <sup>a</sup>	6.04 <sup>ab</sup>	6.00 <sup>b</sup>	0.11
GPT <sup>3</sup> , kg	23.06	25.11	25.58	1.02
GPD <sup>4</sup> , kg	1.65	1.79	1.83	0.07
Eficiencia alimenticia	0.26 <sup>a</sup>	0.30 <sup>b</sup>	0.30 <sup>b</sup>	0.02
Consumo:Ganancia	3.92 <sup>a</sup>	3.31 <sup>b</sup>	3.3 <sup>b</sup>	0.18
Días en alcanzar los 82 kg	95.5 <sup>a</sup>	103.3 <sup>b</sup>	100.3 <sup>ab</sup>	1.8

Letras distintas en una misma fila son estadísticamente diferentes (\*P≤.08).

Cada valor representa el total por jaula de dos cerdos ± el error estándar de la media.

<sup>1</sup>ESM= Error estándar de la media

<sup>2</sup>MS= Materia seca

<sup>3</sup>GPT= Ganancia en peso total

<sup>4</sup>GPD= Ganancia en peso diario

## 2. Ganancia en peso

Ni la ganancia en peso total ni diario fueron significativamente afectadas por los niveles de adición de ARPC durante esta fase (Tabla 7). La ganancia en peso diario encontrada en este estudio fue similar a la encontrada por Sánchez (2003) en cerdos cruzados con un peso promedio de 62 kg.

## 3. Eficiencia alimenticia

Al igual que en la fase post-destete, la eficiencia alimenticia fue significativamente mayor en los cerdos que consumieron la dieta con ARPC (Tabla 7). Durante esta fase no se observaron diarreas en los animales, como ocurrió en la fase anterior; esto pudo deberse al menor consumo que mostraron

estos animales sin afectar su ganancia en peso, mejorando así su eficiencia.

#### 4. Días en alcanzar los 82 kg de peso vivo promedio

El tratamiento afectó el número de días en alcanzar los 82 kg, donde los cerdos con 5 % de ARPC tardaron más en alcanzar este peso (Tabla 7). Los cerdos del grupo testigo alcanzaron en promedio los 82 kg 7.8 días antes que los cerdos con 5 % de ARPC (95.5 días vs. 103.3 días para 0 vs. 5%, respectivamente). Esto pudo deberse a las diarreas presentadas durante la fase anterior.

#### D. Periodo experimental total

##### 1. Días totales en el periodo experimental

El número de días totales en el periodo experimental se afectó por los niveles de adición de ARPC. Los cerdos que consumieron la dieta testigo estuvieron menos días en el periodo experimental (Tabla 8); esta diferencia se explica por un mayor número de días durante la fase de engorde para los cerdos que consumieron 5 y 7.5 % de ARPC.

##### 2. Consumo

El análisis del consumo reflejó un efecto de la covariable peso total por jaula al comienzo de la fase post-destete y del bloque (1, 2, 3 y 4) sobre el consumo diario de materia seca durante todo el periodo experimental. La correlación de esta covariable con el consumo diario de materia seca 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. El consumo de materia seca del bloque 4 fue



significativamente mayor del bloque 3 (4.60 kg vs 4.19 kg, para el bloque 4 vs 3, respectivamente). El consumo diario fue significativamente menor en los cerdos que recibieron la dieta con 5 % de ARPC comparado con el grupo testigo. Por otra parte, el consumo total de materia seca no difirió entre los tratamientos, debido probablemente al mayor número de días en el periodo experimental para los animales con 5 % de ARPC.

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

Variables	Niveles de adición de ARPC (%) <sup>*</sup>			
	0	5	7.5	ESM <sup>1</sup>
DTPE <sup>2</sup>	100.1 <sup>a</sup>	108.3 <sup>b</sup>	106.5 <sup>b</sup>	1.6
Consumo total de MS <sup>3</sup> , kg	445.15	452.83	466.24	12.15
Consumo diario de MS <sup>3</sup> , kg	4.46 <sup>a</sup>	4.19 <sup>b</sup>	4.39 <sup>ab</sup>	0.06
GPT <sup>4</sup> , kg	156.17	156.23	158.73	1.31
GPD <sup>5</sup> , kg	1.56 <sup>a</sup>	1.44 <sup>b</sup>	1.50 <sup>ab</sup>	0.03
Eficiencia alimenticia	0.35	0.35	0.34	0.01
Consumo:Ganancia	2.85	2.90	2.94	0.09

Letras distintas en una misma fila son estadísticamente diferentes (\*P≤.08).

Cada valor representa el total por jaula de dos cerdos.

<sup>1</sup>ESM = Error estándar de la media

<sup>2</sup>DTPE= Días totales en el periodo experimental

<sup>3</sup>MS= Materia seca

<sup>4</sup>GPT= Ganancia en peso total

<sup>5</sup>GPD= Ganancia en peso diario

### 3. Ganancia en peso

El análisis de todo el periodo experimental no demostró diferencias para la ganancia en peso total, pero, la ganancia en peso diario se afectó por los niveles de adición de ARPC. La ganancia en peso diario fue 0.12 kg menor en los cerdos con 5 % de ARPC comparado con 0 % (1.44 kg vs. 1.56 kg para 5 % vs. 0 %, respectivamente). Los cerdos se llevaron a la matanza usando como criterio el peso vivo promedio por jaula, el cual fue similar para todos los tratamientos. Los cerdos que consumieron 5 % de ARPC tardaron más en llegar

a este peso, por lo que su ganancia en peso diario fue menor para todo el periodo experimental.

#### 4. Eficiencia alimenticia

El análisis estadístico para todo el periodo experimental no mostró diferencias entre los niveles de adición de ARPC para la eficiencia alimenticia (Tabla 8). Estos valores son similares a los reportados por Rahnema y Borton (2000) para animales cruzados.

### **C. Características de la canal**

Ninguna de las características de canal ni el peso del hígado se afectó por los niveles de adición de ARPC (Tablas 9 y 11). Sin embargo, el área del músculo dorsal largo a las 10 semanas y a la matanza difirió por el sexo y a las 10 semanas por el bloque. El área del músculo dorsal largo fue mayor en las hembras que en los machos castrados (Tabla 10); esto ha sido reportado por otros investigadores, quienes observaron una 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) comparadas con machos castrados.

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

Variables	Niveles de adición de ARPC (%)			
	0	5	7.5	ESM <sup>1</sup>
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 <sup>2</sup> , %	86.99	86.32	84.88	1.88
ALD <sup>3</sup> (10 semanas), cm <sup>2</sup>	9.43	9.51	8.70	0.29
ALD (a la matanza), cm <sup>2</sup>	26.96	29.82	26.66	1.07
CG <sup>4</sup> a las 10 semanas, cm	1.17	1.22	1.15	0.06
CG a la matanza, cm	2.30	2.54	2.47	0.10
Hígado, kg	1.84	1.84	1.96	0.04

<sup>1</sup>ESM= Error estándar de la media

<sup>2</sup>CP= Cortes principales

<sup>3</sup>ALD= Área del músculo dorsal largo

<sup>4</sup>CG= Capa de grasa

**Tabla 10. Medias mínimas cuadradas y error estándar para las características y los rendimientos de la canal por sexo**

Variables	Sexo*		ESM <sup>1</sup>
	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 <sup>2</sup> , %	85.67	86.46	1.55
ALD <sup>3</sup> (10 semanas), cm <sup>2</sup>	8.88 <sup>a</sup>	9.54 <sup>b</sup>	0.20
ALD (a la matanza), cm <sup>2</sup>	27.69 <sup>a</sup>	27.93 <sup>b</sup>	0.88
CG <sup>4</sup> a las 10 semanas, cm	1.20	1.16	0.04
CG a la matanza, cm	2.34	2.53	0.08
Hígado, kg	1.87	1.88	0.03

\*Letras distintas en una misma fila son estadísticamente diferentes (P≤.05)

<sup>1</sup>ESM= Error estándar de la media

<sup>2</sup>CP= Cortes principales

<sup>3</sup>ALD= Área del músculo dorsal largo

<sup>4</sup>CG= Capa de grasa

La covariable peso del animal previo a la matanza afectó el rendimiento de la canal. La correlación de esta covariable con el rendimiento de la canal fue de  $r^2 = 0.45$ ,  $P \leq 0.05$ . El pernil trasero de las hembras fue en promedio 0.77 kg (9.17 kg vs. 8.40 kg) más pesado que el de los machos castrados (Tabla 12). Friesen y colaboradores (1994) reportaron mayores pesos para el pernil trasero en hembras, comparado con machos castrados, cuando los suplementaron con 0.90% de lisina.

**Tabla 11. 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 <sup>1</sup>
	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

<sup>1</sup>ESM= Error estándar de la media

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

Cortes Principales (kg)	Sexo*		ESM <sup>1</sup>
	Machos castrados	Hembras	
Pernil delantero	7.64	7.74	0.20
Pernil trasero	8.40 <sup>a</sup>	9.17 <sup>b</sup>	0.22
Lomo	6.35	6.41	0.20
Costillar	5.26	5.13	0.52

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

<sup>1</sup>ESM= Error estándar de la media

#### **D. Metabolitos de la sangre**

Se evaluaron las concentraciones de glucosa y sodio en la sangre de los cerdos por encontrarse estos en altas concentraciones en las aguas residuales (Tabla 1), pero no se encontraron diferencias entre los tratamientos. La concentración de glucosa en la sangre fue mayor en el sangrado previo a la matanza comparado con los sangrados anteriores (137.88 vs. 91.83 y 94.38  $\pm 5.65$  mg dL<sup>-1</sup> para el sangrado previo a la matanza vs. primer y octavo día de investigación, respectivamente,  $P \leq 0.08$ ). Aunque estos valores son significativamente mayores comparados con los dos sangrados previos, valores similares fueron reportados como normales por Fabian y colaboradores (2003) para cerdos de este peso.

Los niveles de sodio en la sangre aumentaron significativamente desde el primer sangrado hasta el sangrado previo a la matanza (137.50 vs. 140.92 vs. 150.42,  $\pm 0.87$  mEq L<sup>-1</sup> para el sangrado el primer y octavo día de investigación y previo a la matanza, respectivamente,  $P \leq 0.08$ ). Haydon y colaboradores (1990) reportaron valores entre 137.3 y 148.9 mEq L<sup>-1</sup> para cerdos de 38, 72 y 97 kg.

#### **E. Estabilidad aeróbica de ARPC**

La concentración de ácido butírico disminuyó la tercera semana (Tabla 13) y volvió a aumentar durante la cuarta semana (0.011 %), pero no alcanzó niveles similares a la primera y segunda semana. La reducción en la concentración de ácido butírico para la tercera semana puede deberse a cambios en la concentración de microorganismos presentes en las aguas

residuales. Weinberg, citado por González y Rodríguez (2003), informa que la población de levaduras, hongos y bacterias productoras de ácido láctico está asociada positivamente con la concentración de carbohidratos solubles en agua, la cual fue alta en el ARPC (Tabla 1).

**Tabla 13. Cambios en la concentración de ácidos grasos volátiles y en el pH de las aguas residuales durante cuatro semanas**

Variable	Semana*				ESM <sup>1</sup>
	1	2	3	4	
Acético, %	0.13	0.12	0.072	0.12	0.016
Propiónico, %	0.0036	0.0029	0.0008	0.0046	0.0014
Butírico, %	0.073 <sup>a</sup>	0.076 <sup>a</sup>	0.0062 <sup>b</sup>	0.011 <sup>b</sup>	0.0056
pH	6.54 <sup>a</sup>	6.31 <sup>b</sup>	6.21 <sup>b</sup>	5.79 <sup>c</sup>	0.044

\*Letras distintas en una misma fila son estadísticamente diferentes ( $P \leq 0.08$ )

<sup>1</sup>ESM = Error estándar de la media

El pH de las aguas residuales disminuyó gradualmente con el paso de las semanas (Tabla 13). Esta reducción podría deberse a un aumento en la producción de ácido láctico pero en esta investigación no se analizó el contenido de ácido láctico en el ARPC.

## **Conclusión**

La adición de aguas residuales de una planta productora de caramelo a la dieta de cerdos post-destete es beneficiosa porque aumentó el consumo de materia seca, ganancia en peso y la eficiencia alimenticia de los animales sin afectar su salud. Se requiere más investigación antes de recomendar la adición de ARPC durante las fases de engorde y terminado, porque en la presente investigación hubo una reducción en el consumo diario de materia seca y en la ganancia en peso diario de estos animales, extendiendo así el número de días para alcanzar el peso de matanza.

## BIBLOGRAFÍA

- Anónimo. 2002. Sono-Grader user's guide. Minneapolis, MN: Renco® Corporation. 36 pp.
- Chae, B.J., I.K. Han, J.H. Kim, C.J. Yang, J.D. Hancock, I.H. Kim y D.A. Anderson. 1999. Effects of dietary protein sources on ileal digestibility and growth performance for early-weaned pigs. *Livestock Production Science*. 58 (1): 45-54.
- Cianzio, D. 1984. Matanza del Cerdo. Servicio de Extensión Agrícola: Guía Técnica sobre Porcicultura Z-137. 25 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. *Australian Journal of Agricultural Research*. 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. *Journal of Nutrition*. 129 (2): 410-418.
- Fabian, J., L. I. Chiba, D. L. Kuhlers, L. T. Frobish, K. Nadarajah y W. H. McElhenney. 2003. Growth performance, dry matter and nitrogen digestibilities, serum profile, and carcass and meat quality of pigs with distinct genotypes. *Journal of Animal Science*. 81(5): 1142-1149.
- Fanimo, A.O. y H.A. Fascina-Bombata. 1998. The response of weaner pigs to diets containing palm oil slurry. *Animal Feed Science and Technology*. 71: 191-195.
- 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. *Journal of Animal Science*. 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. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 72 (1): 17-24.
- Ginting-Moenthe, U.S. Chakeredza y U. ter Meulen. 2002. The influence of fermented putak on diet digestibility and growth performance of weanling pigs. *Animal Feed Science and Technology*. 102: 217-224.
- González, G. y A.A. Rodríguez. 2003. Effect of storage method on fermentation characteristics, aerobic stability, and forage intake of tropical grasses ensiled in round bales. *Journal of Dairy Science*. 86: 926-933.
- Grinstead, G.S., M.D. Tokach, S.S. Dritz, R.D. Goodband y J.L. Nelssen. 2000. Effects of *Spirulina platensis* on growth performance of weanling pigs. *Animal Feed Science and Technology*. 83 (3-4): 237-247.
- Hansen, J.A., J.L. Nelssen, R.D. Goodband y T.L. Weeden. 1993. Evaluation of animal protein supplements in diets of early-weaned pigs. *Journal of Animal Science*. 71: 1853-1862.
- Haydon, K.D., J.W. West y M.N. McCarter. Effect of dietary electrolyte balance on performance and blood parameters of growing-finishing swine fed in high ambient temperatures. *Journal of Animal Science*. 68: 2400-2406.
- Iñiguez-Covarrubias, G., S. E. Lange y R.M. Rowell. 2001. Utilization of byproducts from the tequila industry: part 1: agave bagasse as a raw material for animal feeding and fiberboard production. *Bioresource Technology*. 77: 25-32.
- Kerr, C.A., R.D. Goodband, J.W. Smith, II, R.E. Musser, J.R. Bergstrom, W.B. Nessmith, Jr., M.D. Tokach y J.L. Nelssen. 1998. Evaluation of potato proteins on the growth performance of early-weaned pigs. *Journal of Animal Science*. 76: 3024-3033.
- Kim, J.H., K.N. Heo, J. Odle, J.K. Han, y R.J. Harrell. 2001. Liquid diets accelerate in growth of early-weaned pigs and the effects are maintained to market weight. *Journal of Animal Science*. 79 (2): 427-434.
- Larson, E.M., R.A. Stock, T.J. Klopfenstein, M.H. Sindt y R.P. Huffman. 1993. Feeding value of wet distillers byproducts for finishing ruminants. *Journal of Animal Science*. 71: 2228-2236.

- Lawlor, P.G., P.B. Lynch, G.E. Gardiner, P.J. Caffrey y J.V. O'Doherty. 2002. Effect of liquid feeding weaned pigs on growth performance to harvest. *Journal of Animal Science*. 80 (7): 1725-1735.
- Leon, F.J., R. Sánchez, C.S. Santana y A.A. Rodríguez. En prensa. Wastewater from a caramel industry as a partial substitute in diets for pigs. *J. Agric. Univ. PR*.
- Maswaure, S.M. y K.T. Mandisodza. 1995. An evaluation of the performance of weaner pigs fed diets incorporating sweet liquid whey. *Animal Feed Science and Technology*. 54:193-201.
- Moeser, A.J., I.B. Kim, E. van Heugten y T.A.T.G. Kempen. 2002. The nutritional value of degermed, dehulled corn for pigs and its impact on the gastrointestinal tract and nutrient excretion. *Journal of Animal Science*. 80: 2629-2638.
- 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. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 80: 1581-1588.
- Myer, R.O., D.D. Johnson, W.S. Otwell, W.R. Walker y G.E. Combs. 1990. Evaluation of scallop viscera silage as a high protein feedstuff for growing-finishing swine. *Animal Feed Science and Technology*. 31: 43-53.
- Myer, R. O., J. H. Brendemuhl y D. D. Jonson. 1999. Evaluation of dehydrated restaurant food waste products as feedstuffs for finishing pigs *Journal of Animal Science*. 77 (3): 685-692.
- National Research Council (NRC). 1998. *Nutrient requirements of swine*. Washington, D.C.: National Academy Press. 189 pp.
- Oliver, W.T., S.A. Mathews, O. Phillips, E.E. Jones, J. Odle y R.J. Harrell. 2002. Efficacy of partially hydrolyzed corn syrup solids as a replacement for lactose in manufactured liquid diets for neonatal pigs. *Journal of Animal Science*. 80: 143-153.
- 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. *Journal of Animal Science*. 76: 2845-2852.

- Rahnema, S. y R. Borton. 2000. Effect of consumption of potato chip scraps on the performance of pigs. *Journal of Animal Science*. 78: 2021-2025.
- Ravindran, V., E.T. Kornegay, S.B. Rajaguru y D.R. Notter. 1987. Cassava leaf meal as a replacement for coconut oil meal in pig diet. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 41: 45-53.
- 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, and 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 (*Oreochrommis niloticus*). Disertación Doctoral, Departamento de Ciencias Marinas, Univ. de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez. 113 pp.
- SAS/STAT. 1990. SAS User's Guide (Release 6.12). SAS Inst., Inc., Cary, NC.
- Shelton, J.L., M.D. Hemann, R.M. Strode, G.L. Brashear, M. Ellis, F.K. McKeith, T.D. Bidner y L.L. Southern. 2001. Effect of different protein sources on growth and carcass traits in growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science*. 79: 2428-2435.
- Thacker, P.A. 2003. Performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs fed diets containing graded levels of canaryseed. *Canadian Journal of Animal Science*. 83 (1): 89-93.
- Westendorf, M.L., Z.C. Dong y P.A. Schoknecht. 1998. Recycled cafeteria food waste as a feed for swine: Nutrient content, digestibility, growth, and meat quality. *Journal of Animal Science*. 76: 2976-2983.
- Wohlt, J.E., J. Petro, G.M.J. Horton, R.L. Gilbreath y S.M. Tweed. 1994. Composition, preservation, and use of sea clam viscera as a protein supplement for growing pigs. *Journal of Animal Science*. 72: 546-553.
- 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. *Journal of Animal Science*. 75:423-429.

## APÉNDICES

Apéndice 1. Consumo de sodio por fase según aportado por el ARPC

Variable	0 % ARPC			5 % de ARPC			7.5 % de ARPC		
	Fase			Fase			Fase		
	PD <sup>1</sup>	E <sup>2</sup>	T <sup>3</sup>	PD	E	T	PD	E	T
Consumo diario de MS <sup>4</sup> , kg	1.50	5.87	6.35	1.56	5.47	6.04	1.63	4.69	6.00
Consumo diario de ARPC, g	0	0	0	14.3	50.3	55.6	22.8	65.6	84.0
Consumo de sodio aportado por el ARPC diariamente, g	0	0	0	2.0	7.2	5.6	3.3	9.4	12.0
Consumo de sodio aportado por el ARPC diariamente, %	0	0	0	0.13	0.13	0.13	0.20	0.20	0.20

<sup>1</sup>PD= Post-destete

<sup>2</sup>E= Engorde

<sup>3</sup>T= Terminado

<sup>4</sup>MS= Materia seca