

# EFECTO DE NUCLEÓTIDOS Y PÉPTIDOS DE *Saccharomyces cerevisiae* (NUPRO) EN LA ALIMENTACIÓN DE CERDOS POST-DESTETE

## Effect of Nucleotides and Peptides from *Saccharomyces cerevisiae* (NUPRO) in the Feeding of Post-weaning Pigs

Ramón Florencio García-Castillo<sup>1</sup>, Kennedi Hernández-Martínez<sup>1</sup>, Jorge Ramsy Kawas-Garza<sup>2</sup>, Jaime Salinas-Chavira<sup>3</sup>, Aracelly Vega-Ríos<sup>4</sup>, Manuel Humberto Ruiloba-Villarreal<sup>5</sup> y Héctor Fimbres-Durazo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Nutrición Animal. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. CP-25315. <sup>2</sup> Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía y Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Escobedo, Nuevo León, México. <sup>3</sup> Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Cd. Victoria, Tamaulipas, México. <sup>4</sup> Universidad Autónoma de Chiriquí, Centro de Investigación en Recursos Naturales. <sup>5</sup> Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, David, Chiriquí, República de Panamá. gacr430421@gmail.com

### RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del NUPRO (Alltech de México S. A. de C.V.), producto obtenido de levadura *Saccharomyces cerevisiae* en lechones post-destete, sobre el consumo de alimento, ganancia diaria, eficiencia alimenticia y relación de eficiencia proteica (REP), sobrevivencia, así como sobre el peso al sacrificio, peso y rendimiento de canal caliente; peso y longitud del tracto gastro-intestinal (TGI) y sus partes, y también sobre los niveles de metabolitos (glucosa, urea, creatinina, colesterol y proteína total) y minerales (Ca, P, Mg y Zn) en suero sanguíneo. Se utilizaron 81 lechones provenientes de hembras primíparas de cruces (Yorkshire, Hampshire, Duroc y Landrace). Los lechones se destetaron a los 23 días de edad, con 5,71 kg de peso vivo promedio al destete. Las dietas se basaron en pasta de soya *Glycine max* más sorgo *Sorghum vulgare* y fueron isoproteicas (21,0% proteína cruda) e isoenergéticas (3.110 Mcal energía metabolizable/kg), con un contenido de lisina 1,33%; Ca 1,37% y P 0,74%. Se usaron tres tratamientos con tres repeticiones: T1 (dieta basal, DB); T2 (DB + 2,0% NUPRO) y T3 (DB + 4,0% NUPRO). El consumo de alimento, la ganancia diaria de peso, la eficiencia alimenticia, la REP y sobrevivencia de lechones no fue afectado por la adición del NUPRO a la dieta. Sin embargo, en T1 se presentó cuadro diarreico y anorexia. El peso

al sacrificio fue similar entre tratamientos ( $P \geq 0,05$ ). El peso de la canal caliente (kg) y el rendimiento en canal caliente (%) fueron significativamente diferentes ( $P \leq 0,05$ ) con valores de 6,18; 7,55 kg y 6,78 kg y 49; 58 y 57%, respectivamente, para T1, T2, y T3. El peso ( $P \leq 0,07$ ) y longitud ( $P \leq 0,01$ ) del intestino grueso fueron diferentes entre tratamientos, con valores de 0,260; 0,390 y 0,340 kg y 2,15; 3,11 y 2,27 metros para T1, T2 y T3. El contenido de metabolitos y minerales en suero sanguíneo no fueron afectados por el NUPRO en la dieta, a excepción del Mg, que fue diferente y conforme incrementa NUPRO en la dieta se incrementa el contenido de Mg en el suero. Se concluye que al suplementar dietas con NUPRO mejora el peso y rendimiento de canal caliente así como el peso y la longitud de intestino grueso, sin afectar las demás variables.

**Palabras clave:** NUPRO, efecto destete, TGI, características de la canal, metabolitos.

### ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of NUPRO (Alltech de Mexico SA de CV), product obtained from yeast *Saccharomyces cerevisiae* in post-weaning piglets, on feed intake, daily gain, feed efficiency and protein efficiency ratio (PER), survival, and on slaughter weight, weight and hot carcass yield, weight and length of the gastro-intestinal tract (GIT) and its parts, and also on the levels of metabolites (glu-

cose, urea, creatinine, cholesterol and total protein) and minerals (Ca, P, Mg and Zn) in blood serum. It was used 81 cross-bred piglets from primiparous sows of crosses (Yorkshire, Hampshire, Duroc and Landrace). The piglets were weaned at 23 days of age, with 5.71 kg live weight in average at weaning. The diets were based on soybean meal *Glycine max* plus sorghum *vulgare* and were isoproteic (21.0% crude protein) and isocaloric (3,110 Mcal metabolizable energy/kg), with a concentration of 1.33% lysine; 1.37% Ca, and 0.74% P. It was used three treatments with three replications: T1 (basal diet, BD), T2 (BD + 2.0% NUPRO) and T3 (BD + 4.0% NUPRO). Feed intake, daily weight gain, feed efficiency, PER and piglet survivals were not affected by the addition of NUPRO to diet. However, in T1 was presented diarrheal and anorexia. The slaughter weight was similar among treatments ( $P \geq 0.05$ ). The hot carcass weight (kg) and hot carcass yield (%) were significantly different ( $P \leq 0.05$ ) with values of 6.18, 7.55 kg and 6.78 kg and 49, 58 and 57%, respectively for T1, T2, and T3. The weight ( $P \leq 0.07$ ) and length ( $P \leq 0.01$ ) of the large intestine differed between treatments, with respective values of 0.260, 0.390 and 0.340 kg and 2.15, 3.11 and 2.27 meters for T1, T2 and T3. The concentration of metabolites and minerals in blood serum were not affected by the NUPRO in diet, except for Mg, which was different; as in the diet increases NUPRO increases the Mg concentration in serum. It is concluded that supplementing diets with NUPRO improves weight and yields of hot carcass and the weight and length of the large intestine, without affecting the other variables.

**Key words:** NUPRO, weaning effect, GIT, carcass characteristics, metabolites.

## INTRODUCCIÓN

La producción porcina (*Sus scrofa domesticaes*) está su-peditada, entre otras cosas, al manejo exitoso del lechón al destete [20]. El expresa un gran potencial de crecimiento al término de esta fase, situación que debe ser apreciada por el porcicultor. Un sistema digestivo inmaduro y consumo de alimento inadecuado predispone a diarreas, incremento en la mortalidad [23], lo cual hace este manejo más crítico [20]. El destete implica un estrés nutricional, inmunológico y neuroen-docrino que pueden deprimir el crecimiento y la salud de los lechones [7, 21, 35, 36, 45]. Sin embargo, el manejo correcto mejora la salud del lechón y maximiza el rendimiento repro-ductivo de la cerda, lo que permite obtener mayor número de cerdos destetados por hembra/año.

Este manejo práctico ha obligado a formular alimentos balanceados con el fin de maximizar el rendimiento, inmediata-mente después del destete y el crecimiento durante el período de cría. No solo es importante su aporte de nutrientes digesti-bles (proteína, aminoácidos, fibra, entre otros) sino también, el impacto que puedan causar éstos en la morfología intestinal e inmunidad de los animales [4, 12]. Una de las principales cau-

sas del retardo y mal crecimiento es la atrofia intestinal, daño que ocurre inmediatamente post-destete debido a la disminu-ción de la ingesta y la poca estimulación del epitelio intestinal por ingestión de partículas alimenticias [5, 12], las cuales pue-den mejorar la salud intestinal al aumentar la altura y el diá-metro de las vellosidades del intestino [4, 45].

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de nucleótidos y péptidos de *Saccharomyces cerevisiae* (NU-PRO) en dietas para lechones pos-destete, sobre el compor-tamiento productivo, relación de eficiencia proteica (REP), ca-racterísticas del tracto gastrointestinal (TGI) y componentes metabólicos y minerales en suero sanguíneo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación del experimento

El estudio se realizó en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. El clima de la región es B Sokx'(w) (e), seco o árido, el más seco de esta clasificación, con lluvias entre el verano e invierno; la precipitación media anual es de 225 mm y la tempe-ratura media anual de 17,7 °C. Sus coordenadas son: 25°22' LN y 101°00' LO, a una altitud de 1.742 msnm [15].

### Características de los animales e instalaciones

Las corraletas, antes de iniciar el experimento fueron la-vadas, enaladas y desinfectadas. En estas corraletas se ubi-caron 81 lechones hembras y machos castrados, provenien-tes del cruce tipo comercial Yorkshire, Hampshire, Duroc y Landrace que fueron destetados a los 21 días (d) de edad. En cada corraleta de 4,0 m<sup>2</sup>, equipadas con comederos y bebe-deros automáticos se ubicaron nueve lechones.

### Tratamientos experimentales y su composición nutricional

Las dietas se formularon a base de sorgo molido *Sorghum vulgare* y pasta de soya *Glycine max* para contener: 21,0% proteína cruda (PC) y 3,110 Mcal energía metabolizable (EM) por kilogramo de alimento; lisina, 1,33%; Ca, 1,37%; P, 0,74%. Con los siguientes tratamientos; T1 (dieta basal, DB); T2 (DB + 2 % NUPRO) y T3 (DB + 4 % NUPRO). A las mues-tras de las dietas se les practicó análisis químico de: materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), cenizas (Cen) y extracto libre de nitrógeno (ELN) [2]. En las dietas, un similar contenido de soya es sustituido por NUPRO (TABLA I). Los requerimientos nutricionales y energéticos para cerdos de esta edad y peso se establecieron de acuerdo a las tablas de requerimientos del National Research Council [33].

### Manejo alimenticio y variables medidas

Los animales fueron alimentados a libre acceso por un periodo de 26 d, cinco d para adaptación a la dieta y al mane-

**TABLA I**  
**DIETAS UTILIZADAS EN LA ALIMENTACIÓN DE**  
**LECHONES POST-DESTETE CONTENIENDO NUPRO**

Ingredientes (kg)	Núcleo proteico (NUPRO) %		
	T1 (0,0)	T2 (2,0)	T3 (4,0)
NUPRO*	0,0	2,0	4,0
Sorgo molido	49,99	50,1	50,21
Harina de soya	32,51	30,4	28,295
Suero de leche	7,5	7,5	7,5
Aceite de maíz	2	2	2
Nutriplex SC-fase 2**	8	8	8
Total	100	100	100

\*NUPRO: Extracto libre de nitrógeno, % 39,49, fibra detergente ácido, % <0,5, total de nutrientes digestibles, % 76,80, energía metabolizable, kcal/kg 3525, proteína cruda, % 46,5, total ácidos nucleicos, % 5,5-7,0. Amino ácidos, %: Lisina 3,39, alanina 3,88, arginina 2,85, ácido aspártico 3,99, Cistina 0,68, ácido glutámico 6,00, Glicina 2,49, histidina 1,53, isoleucina 2,05, leucina 3,30, metionina 0,70, fenilalanina 2,03, prolina 2,23, serina 2,43, treonina 2,12, tirosina 2,00, valina 2,78, triptófano 0,43. Macro minerales: Cenizas totales, % 5,71, azufre, % 0,47, sodio, % 0,29, fósforo, % 1,50, potasio, % 1,22, magnesio, % 0,25, calcio, % 0,02. Minerales traza, ppm: Hierro 50, cobre 4, zin103, manganeso 16. Vitaminas, mg/kg: Inosito 16, 200. \*\*Nutriplex SC-fase II: Ca, 15%; P, 3,9%; lisina, 2,8%.

jo y 21 d para la obtención de datos. Se evaluó el consumo de alimento por diferencia entre lo ofrecido y lo rechazado diariamente. La ganancia diaria de peso (GDP) se obtuvo del peso final menos el peso inicial dividido entre los d del experimento. La eficiencia alimenticia se estimó del consumo de alimento dividido entre GDP. La eficiencia proteica se estimó de dividir GDP entre consumo diario de proteína cruda. A los lechones de cada tratamiento se les tomó 5 mL de muestras de sangre de la vena yugular o de la carótida. En una centrífuga Solbat, modelo MediSpin de International Equipment Company, EUA. Cada muestra fue centrifugada a 2,000 g por 15 min, se extrajo el suero y se determinó el contenido de metabolitos glucosa, urea, creatinina, colesterol y proteínas totales con el uso de un espectrofotómetro, marca Spectronic®20 Genesys™, modelo4001-4, EUA y el contenido de minerales Ca, P, Mg y Zn en un espectrofotómetro de absorción atómica marca Varian, Series AA-1275, Australia.

Al final del experimento (21 d), se sacrificaron humanitariamente al azar dos lechones de cada repetición (6 lechones por tratamiento) y se registró el peso vivo (PV) al sacrificio y el peso de la canal caliente y se calculó el rendimiento en canal caliente. Se colectó y vació el tracto gastro intestinal (TGI) y se pesó en una balanza mecánica marca OHAUS, modelo 119-DO con capacidad para 20 kg, EUA; además, se midió la longitud del estómago, intestino delgado e intestino grueso.

#### Análisis estadístico

Los datos se analizaron en un diseño completamente al azar con tres tratamientos e igual número de repeticiones [43] con el siguiente modelo estadístico:  $Y_{ij} = \mu + \alpha_i + E_{ij}$

donde:

$Y_{ij}$  = Variable de respuesta

$\mu$  = Media general

$\alpha_i$  = Efecto de tratamientos

$E_{ij}$  = Error experimental

$i$  = 1, 2, 3, ..., tratamientos

$j$  = 1, 2, 3, ..., repeticiones

La comparación de medias se realizó por la prueba Tukey con un nivel de significancia ( $P \leq 0,05$ ) [43]. La información se analizó con el procedimiento de modelos lineales generales (GLM) del programa estadístico SAS® versión 9.0 [42].

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Consumo diario de alimento (CDA)

El CDA no fue diferente ( $P \geq 0,05$ ) entre los tratamientos (TABLA II). El valor promedio de CDA 0,403 kg es menor a lo recomendado por el NRC [33]. Estos resultados coinciden con la investigación de Mahan y col. [29] al utilizar dietas a base de maíz (*Zea mays*)-soya o maíz-soya-suero deshidratado conteniendo 0,95 y 1,10 de lisina; encontraron mayor CDA al destete cuando las dietas contenían suero deshidratado. Sin embargo, Hansen y col. [21] reportan que, el plasma porcino es un suplemento proteico superior a la leche en polvo en dietas para lechones en inicio y la sangre porcina tiene influencia positiva en el subsecuente crecimiento.

Sin embargo, Pérez [38], al incluir plasma porcino (9%) en dietas para lechones observó una reducción en el CDA al destete y a los 45 d, aunque el CDA y la GDP fueron ligeramente mayores al testigo. Resultados similares presentan Carlson y col. [4].

### Ganancia diaria de peso

La suplementación con NUPRO en las raciones no tuvo efecto sobre la GDP de los animales ( $P \geq 0,05$ ). Los tratamientos no provocaron una respuesta diferente en los lechones. En este estudio, los valores promedios en GDP (0,267 kg), fueron ligeramente superiores a los documentados por la NRC [33]. El NUPRO presenta un balance de aminoácidos, péptidos y ácidos nucleídos superior, lo que esperaría una mejor respuesta de los animales. La adición de NUPRO 2 y 4 % reemplazó el contenido de la soya en la dieta. En este caso, el NUPRO y la soya contenían similar contenido de proteína (46%). Además, las raciones ofrecidas eran iso-energéticas 3,110 kilocalorías de EM, bajas en contenido de energía de acuerdo con el NRC [33]. De igual manera, el NRC, recomienda un consumo de 1620 kcal al d para cerdos entre 5 y 10 kg de PV. El consumo energético (1.254 kcal por d) de los cerdos en este estudio fue menor al recomendado. Por lo tanto, cerdos jóvenes alimentados con dietas de densidad menor de 3,3 kcal/g, no mantiene

TABLA II  
**COMPORTAMIENTO DE LECHONES POS-DESTETE ALIMENTADOS CON DIETAS CONTIENIENDO NUPRO**

Variables	NUPRO %			EE	P>F
	T1 (0,0)	T2 (2,0)	T3 (4,0)		
Número de lechones inicial	27	27	27		
Número de lechones final	24	27	27		
Consumo diario de alimento (kg)	0,39	0,42	0,40	0,0203	0,772
Peso promedio inicial (kg)	5,92	5,84	5,39	0,1603	0,404
Peso promedio final (kg)	10,82	11,50	11,06	0,6354	0,906
Ganancia peso total (Kg)	5,41	4,46	5,67	0,4807	0,595
Ganancia diaria de peso (kg)	0,26	0,27	0,27	0,0204	0,981
Conversión alimenticia (kg consumo/kg ganados)	1,67	2,16	1,50	0,2324	0,526
REP (ganancia/consumo de PC)	2,63	2,48	2,65	0,0830	0,207
Sobrevivencia (%)	77,78	100,0	100,0	3,713	0,11

EE= Error estándar. REP = Relación de eficiencia proteica. PC= proteína cruda.

el consumo de energía digestible [33]. El no obtener diferencia estadística en GDP pudiera ser debido al bajo consumo de energía. Por lo cual, las proteínas pueden ser utilizadas para mantener el requerimiento energético y no para fijar proteína, y al consumir proteína de calidad no se refleja en el peso del animal, ya que ésta se usa para producción de energía [24, 25]. Quizás esta pueda ser la explicación al comportamiento obtenido. Los resultados de este trabajo no coinciden con otro trabajo desarrollado [23] utilizando dietas a base de maíz-soya o maíz-soya-levadura deshidratada conteniendo 0,95 y 1,10 de lisina, en los cuales se encontró mayores GDP al destete cuando las dietas contenían levadura deshidratada. La lisina no afectó como primer aminoácido limitante en dietas para cerdos a base de sorgo y soya [9]. Cera y col. [5] no obtuvieron diferencia ( $P>0,05$ ) en GDP al realizar una investigación en lechones de acuerdo a la edad, destete y pos-destete. Diferentes resultados presentan Hansen y col. [21], quienes encontraron mayor GDP al alimentar lechones con dietas conteniendo leche en polvo deshidratada y levadura deshidratada, al compararlas con dietas que poseían plasma de bovino (*Bos taurus*), sangre de porcino deshidratada, extracto de proteína de carne. Aunado a esta situación, cuando los animales están en transición desde su entorno estéril a ser colonizado por especies microbianas comensales, ya no son capaces de crecer y manifestar su verdadero potencial genético. De allí que, una mayor exposición a cargas microbianas puede reducir aún más la GDP y eficiencia en la alimentación [7].

Pérez [38], al evaluar plasma porcino en dietas para lechones encontró diferencias ( $P<0,001$ ) en GDP al destete y a 45 d. De igual manera, Carlson y col. [4] reportan diferencia ( $P<0,05$ ) en lechones alimentados con la dieta conteniendo proteína de levadura y plasma animal comparada con una dieta control con y sin Carbadox (AB) como promotor de crecimiento. Además, los lechones alimentados con dieta suple-

mentada con proteína de levadura tuvo mejor incremento de peso que los lechones alimentados con proteína de plasma porcino ( $P=0,04$ ) o los lechones alimentados con la dieta control ( $P=0,01$ ).

#### **Conversión alimenticia (CA) y relación de eficiencia proteica (REP)**

La CA y REP no presentaron diferencia entre tratamientos ( $P\geq 0,05$ ; TABLA II). Pérez [38], al trabajar con fuente de proteína animal diferente a la utilizada en este estudio, encontró mejor CA post-destete en los lechones que consumieron la dieta de 6,3% de plasma porcino, así como otros ingredientes provenientes de vegetales, granos y semillas, los cuales contienen fitatos que forman complejos e interactúan con las cadenas radicales de las proteínas creando complejo proteína-fitato [6] por lo cual, la enzima fitasa juega un papel importante en la hidrólisis de este complejo para liberar y disponer proteína. García y col. [16] encontraron diferencias ( $P\leq 0,05$ ) entre tratamientos, al comparar dietas con fitasa en cerdos en crecimiento; de igual manera, García y col. [17] encontraron que, la REP tendió a mejorar ( $P=0,083$ ) en cerdos alimentados con fitasa. Resultados diferentes obtuvieron García y col. [18] en lechones en pre-inicio con efecto negativo en REP. Aunque, los valores para REP encontrados en ambos tratamientos son buenos [33]. Ello quizás se debió al evaluar en base al consumo de proteína del alimento sólido ofrecido y no en base al alimento de la madre (leche). También, es necesario considerar que la REP no cuantifica la proteína que el animal utiliza para su mantenimiento [40].

#### **Morbilidad y/o mortalidad**

Al iniciar la investigación, a causa del cambio de dieta líquida (leche) a dieta sólida, los lechones en su mayoría presentaron diarrea mecánica. El grupo testigo (T1) presentó

muerte de tres lechones a causa de diarrea; para controlarla se aplicó antibiótico (Clorhidrato de bencetimida más sulfato de gentamicina) 1 mL/5 kg PV. El T1 tuvo 11,1% de mortalidad, sin presentar diferencia estadística ( $P=0,11$ ; TABLA II).

El rendimiento del lechón mejora los primeros 14 d después del destete con uso de dietas ricas en proteínas de alta calidad [46]. Estudios realizados en diferentes productos de fermentación de levaduras como alternativa en la dieta para lechones, presentan diferentes respuestas. En lechones recién destetados (21 d de edad) que recibieron levadura podrían tener mayor crecimiento, índice de inmunidad y salud intestinal [26]. De otra manera, anticuerpos de yema de A y H en dietas para cerdos en destete temprano es una medida efectiva para mejorar el comportamiento y controlar la diarrea [27] Thanissery y col. [44], al utilizar NUPRO obtenido de extracto de levadura *Saccharomyces cerevisiae* demostraron efectividad al mejorar comportamiento y potencial para reducir el *Clostridium perfringens* a nivel intestinal en pollos (*Gallus gallus domesticus*), situación que pudo haberse reflejado en esta investigación.

Pérez [38], al utilizar plasma porcino 5,0; 6,3 y 9,0 % en la dieta, reporta que la mortalidad únicamente se presentó en los tratamientos con 5,0 y 6,3 % de plasma porcino, lo que no lo atribuye a los tratamientos. Además, los cerdos retrasados en los tratamientos con 6,3 y 9,0% de plasma porcino y el grupo testigo, se debió más que todo por el bajo peso al nacimiento y no por efecto de los tratamientos. Por otro lado, el alimentar animales con más proteína de la requerida, ella puede ser utilizada por el organismo para funciones vitales [33]. De allí, la razón de ofrecer al cerdo proteína y aminoácidos como gramos por unidad de energía alimentaria [8]. Por ende, el contenido de PC no afecta la salud de los lechones. Otros investigadores consideran posible utilizar ingredientes menos costosos, o disminuir la calidad de dietas de destete sin ningún efecto adverso sobre el desempeño después del destete, obteniendo lechones más pesados, con mejor estado de salud [46].

La defensa inmune tiene una situación privilegiada respecto al crecimiento de los animales. Un animal amenazado por un organismo infeccioso desviará nutrientes de crecimiento para desarrollo de los procesos de defensa [28]. La buena práctica de crianza no sólo es evitar el brote de enfermedades infecciosas, sino también reducir activación de la defensa inmune [7], dado que el estado inmune es la base para un buen comportamiento de los animales. Por ejemplo, el efecto de la aspirina en dieta para cerdos jóvenes [47] o por aplicación parenteral con dexametasona [14], presentaron tasas de crecimiento mayor en cerdos.

Trabajos recientes realizados por Nyachoti y col. [34] utilizaron lisozima como suplemento oral. La lisozima es una proteína de bajo peso molecular con propiedad anti-bacterial. Poco antes, Kiarie y col. [26] encontraron mejor rendimiento en lechones alimentados con dietas conteniendo antibiótico sometidos a desafío de *Escherichia coli* enterotoxigénica (ECET). En otro estudio, Nyachoti y col. [34] investigan el efec-

to y la respuesta a la lisozima soluble en agua (4.000 unidades de lisozima / mg) después de la exposición oral con ECET. Los tratamientos fueron: control (sin aditivo), antibióticos (AB; 2,5 g/kg de alimento de clortetraciclina, sulfametazina, y penicilina), y lisozima (L) en el agua potable en concentraciones de 0,1% (L1) y el 0,2% (L2). Todos los cerdos recibieron una dieta basal similar en composición y nutrientes, excepto para los cerdos que recibieron la dieta AB, conteniendo antibiótico. En general, hubo un mejor crecimiento y desarrollo intestinal, así como la disminución de los recuentos de *E. coli* en la mucosa intestinal y las citoquinas pro-inflamatorias en suero. En este estudio se considera que la lisozima puede mantener la salud intestinal y su función en los lechones en similitud con los antibióticos. Investigaciones realizadas por Kim y col. [27] con anticuerpos de yema de huevo, éste no protegió lechones susceptibles a desarrollar diarrea como resultado de reto con K88 + *E. coli*.

En el siguiente estudio realizado en lechones recién destetados, se evaluó el efecto de dietas que contenían plasma porcino secado por aspersion (PPSA) o aislado de proteína de frijol *Pisum sativum* (APF), complementado con AYH de gallinas inmunizadas con ECET (K88 y F18 antígenos), ZnO, ácido fumárico, (AF), AB en rendimiento de los cerdos, sobre la incidencia de diarreas y la morfología intestinal por un periodo de 14 d. Así, los cerdos jóvenes estarán habilitados potencialmente para utilizar de manera eficiente una dieta basada en APF [36].

#### **Peso al sacrificio y rendimiento en canal**

El peso al sacrificio no fue diferente ( $P \geq 0,05$ ), pero el peso de la canal y rendimiento en canal caliente fueron mayores en los tratamientos con NUPRO ( $P \leq 0,05$ ; TABLA III). El NUPRO en la dieta mejoró la utilización del alimento en el lechón, ya que NUPRO es fuente de proteínas y péptidos de excelente valor biológico. El peso (kg) y rendimiento (%) de la canal caliente se incrementaron con un aumento en el contenido de NUPRO en la ración. Los pesos de la canal y rendimiento de canal caliente fueron 6,18; 7,55 y 6,78 kg y 49,0; 58,0 y 57,0%, respectivamente para lechones que consumieron 0; 2,0 y 4,0 % NUPRO. De acuerdo al consumo de alimento, un nivel inferior al óptimo de proteína total reduce el índice de crecimiento y la eficiencia de utilización del alimento [8], lo cual indica el valor biológico de la dieta conteniendo NUPRO.

#### **Peso (kg) y longitud (m) del tracto gastrointestinal vacío y sus partes**

El peso y longitud del TGI vacío y sus partes, estómago e intestino delgado no fueron diferentes ( $P \geq 0,05$ ), con excepción del peso y longitud del intestino grueso, presentando mayor peso (40,0%;  $P \leq 0,07$ ) y longitud (25,0%;  $P < 0,01$ ) del TGI los lechones alimentados con NUPRO en la dieta (TABLA IV). Al respecto, otros autores señalan que alimentar con más proteína y de buena calidad incrementa el peso del hígado, riñones y TGI [8]. Comportamiento similar fue observado

**TABLA III**  
**PESO AL SACRIFICIO, PESO Y RENDIMIENTO EN CANAL CALIENTE EN LECHONES POST-DESTETE**  
**ALIMENTADOS CON DIETAS CONTENIENDO NUPRO**

Variables	NUPRO (%)			EE	P<F
	T1 (0,0)	T2 (2,0)	T3 (4,0)		
Peso al sacrificio (kg)	12,75	13,0	11,92	0,27	0,06
Peso de la canal caliente (kg)	6,18	7,55	6,78	0,12	0,03
Rendimiento de la canal caliente (%)	49,0	58,0	57,0	1,61	0,03

EE= Error estándar.

**TABLA IV**  
**PESO Y LONGITUD DEL TRACTO GASTROINTESTINAL (TGI) VACÍO Y SUS PARTES DE CERDOS**  
**EN POS-DESTETEALIMENTADOS CON DIETAS CONTENIENDO NUPRO**

Variables	NUPRO (%)			EE	P<F
	T1 (0,0)	T2 (2,0)	T3 (4,0)		
<b>Peso, kg</b>					
Tracto gastrointestinal vacío	1,11	1,13	1,07	0,0623	0,908
Estómago	0,170	0,150	0,150	0,0139	0,855
Intestino delgado	0,680	0,570	0,580	0,0378	0,503
Intestino grueso	0,260	0,390	0,340	0,0186	0,068
<b>Longitud, metros</b>					
Tracto gastrointestinal	15,90	15,65	14,96	0,3154	0,354
Estómago	0,014	0,014	0,014	0,0003	0,884
Intestino delgado	13,74	12,53	12,68	0,4078	0,533
Intestino grueso	2,15	3,11	2,27	0,0817	0,007

EE= Error estándar.

en esta investigación. Rodríguez y col. [39] al utilizar 24 lechones con 6,5 kg de PV promedio reportaron que, la inclusión de fibra en forma de harina de caña *Saccharum officinarum* deshidratada no afectó el peso absoluto del TGI, ciego y colon. No existió variación entre tratamientos en la longitud absoluta de los intestinos. La inclusión de fibra aumento el peso del estómago y el intestino grueso, pero disminuyó el intestino delgado. El uso de forrajes produce mayor capacidad volumétrica del TGI con mayor consumo de alimento [1]. Por otra parte, se ha encontrado un mayor crecimiento de los órganos digestivos en lechones de destete que consumen suero de leche, en comparación con aquellos que consumen concentrados ricos en proteína basados en harina de soya [41]. Esto es importante, ya que según Passill y col. [37], los lechones de 21 d de edad con un mayor desarrollo del TGI presentan un crecimiento corporal más rápido, en comparación con lechones de crecimiento lento y de menor desarrollo en el TGI intestinal.

#### Metabolitos

No hubo diferencias ( $P \geq 0,05$ ) en las concentraciones de glucosa, urea, creatinina, colesterol y proteínas totales entre los tratamientos (TABLA V). El nivel de glucosa en sangre indi-

ca si el animal está consumiendo o no alimento [9]. Trabajos realizados por He y col. [22], en cerdos en crecimiento encontraron que, los lípidos insaturados, glicoproteínas y creatinina fueron mayores en cerdos obesos que en cerdos magros ( $P < 0,05$ ), mientras que la glucosa sérica y urea fueron inferiores en cerdos obesos ( $P < 0,05$ ). Al realizar diferentes tipos de muestreo de sangre para evaluar metabolitos reportan una significativa disminución en proteínas totales [11].

En la presente investigación no hubo efecto en los valores de colesterol, creatinina y proteínas totales ( $P < 0,05$ ), similar respuesta fue reportada en otra investigación [13]. La concentración de urea en plasma es indicador confiable de rápida respuesta a los cambios en los niveles de PC y de aminoácidos en la dieta [3]. Al haber una disminución del nivel de proteína en la dieta reduce la urea en plasma, afectando algunas variables productivas [31].

#### Minerales

El contenido de Ca, P, y Zn no presentó diferencias ( $P \geq 0,05$ ). El mayor contenido de Mg fue en el tratamiento con mayor inclusión de NUPRO ( $P < 0,01$ ; TABLA VI). De manera general, los valores del contenido mineral encontrados son

TABLA V  
**CONTENIDO DE METABOLITOS EN SUERO SANGUÍNEO DE LECHONES POS-DESTETE ALIMENTADOS CON DIETAS CONTENIENDO NUPRO**

Variables	NUPRO (%)			EE	P<F	Rangos normales
	T1 (0,0)	T2 (2,0)	T3 (4,0)			
Determinación						
Glucosa (mg/dL)	55,88	59,15	53,70	1,90	0,537	64,4 - 106,4
Urea (g/L)	71,98	77,00	65,70	2,06	0,161	66,4 - 116,1
Creatinina (mg/dL)	1,94	1,92	1,89	0,017	0,460	0,8 - 2,3
Colesterol (mg/dL)	110,83	95,83	105,5	11,43	0,866	81,4 - 134,1
Proteína totales (g/dL)	49,02	46,78	50,98	1,746	0,639	58,3 - 83,2

EE= Error estándar.

TABLA VI  
**CONTENIDO DE MINERALES DE SUERO SANGUÍNEO DE LECHONES EN POST-DESTETE ALIMENTADOS CON DIETAS CONTENIENDO NUPRO**

Variables	NUPRO (%)			EE	P<F	Rangos normales mg/dL
	T1 (0,0)	T2 (2,0)	T3 (4,0)			
Determinación (mg/dL)						
Calcio	0,16	0,2	0,2	0,013	0,56	9,3 - 11,5
Fósforo	11,95	16,0	16,7	0,746	0,07	5,5-9,3
Magnesio	0,65	0,81	0,99	0,029	0,01	2,3 - 3,5
Zinc	0,66	0,083	0,05	0,082	0,06	0,5 - 1,2

EE= Error estándar.

menores a los valores estándares reportados. Con excepción del P, que estuvo sobre el rango normal [32]. En otros trabajos, también se reporta disminución de la concentración de P en suero sanguíneo obtenido de la yugular, en comparación con el obtenido de la vena cava [11]. Díaz y col. [10] señalaron los macrominerales Ca y P ajustándose de acuerdo a las fuentes de minerales carbonato de calcio, fosfato di y tri cálcicos o animal (conchuela) en la alimentación en cerdos provenientes de criaderos industriales. El Ca plasmático fue de 12, 4; el P de 9,3 y el Mg de 5,4 mg/dL, respectivamente [10]. En la presente investigación, el NUPRO incrementó el contenido de Mg plasmático, sin embargo es menor a lo reportado anteriormente [10]. Igualmente, un estudio mostró que los niveles de Mg están por debajo de los niveles mínimos recomendados [32].

En cerdos alimentados con dietas adicionadas con cromo (Cr) L-metionina se observó que, el Ca en suero fue afectado ( $P \leq 0,05$ ) por la inclusión de Cr en la dieta. Este efecto también se observó en el P y Mg ( $P \leq 0,01$ ). La adición de Cr mejoró la concentración del Cu en la sangre de los cerdos; pero la concentración del Zn no fue afectada. Los niveles de los minerales encontrados en sangre están dentro y sobre los límites normales recomendados [19]. Mahan [30], en lechones al destete encontró que el Ca en suero sanguíneo incrementó linealmente ( $P < 0,01$ ) cuando el Ca se incrementaba en la dieta, mientras que el valor de P en suero declinó

( $P < 0,01$ ). Además, Mg en suero declinó con el incremento del nivel de Ca en la dieta.

## CONCLUSIONES

La adición de nucleótidos y péptidos de *Saccharomyces cerevisiae* (NUPRO) en la dieta para lechones pos-destete no afectó el comportamiento productivo o el peso al sacrificio; sin embargo, esta adición mejoró el peso y rendimiento en canal. La adición de NUPRO no afectó el contenido de metabolitos y minerales en suero sanguíneo, excepto el Mg, que fue mayor en los tratamientos con NUPRO. La longitud y peso del TGI y sus partes, no se afectó por la inclusión del NUPRO, excepto el peso y la longitud del intestino grueso, el cual fue mayor en tratamiento con NUPRO.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ANGELES, M.A.; LOEZA, R.; CUARÓN, J.A. Evaluación de un sistema de alimentación con base en ensilaje de sorgo, melaza de caña-soya para cerdas gestantes. **Memorias del XX Congreso Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Cerdos (AMVEC)**. Mérida, Yucatán. 07/10-13. México. 38 pp. 1985.

- [2] ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official Methods of Analysis**. 15<sup>th</sup> Ed. Washington, D.C. EEUU. 1018 pp. 1997.
- [3] BROWN, J.A.; CLINE, T.R. Urea excretion in the pig: an indicator of protein quality and amino acid requirements. **J. Nutr.** 104:542-545. 1973.
- [4] CARLSON, M.S.; VEUM, T.L.; TURK, J.R. Effects of yeast extract versus animal plasma in weanling pig diets on growth performance and intestinal morphology. **J. Swine Health Prod.** 13(4):204-209. 2005.
- [5] CERA, K. R.; MAHAN, D.C.; GROSS, R.F.; REINHART, G.A.; WHITMOYER, R.E. Effect of age, weaning and post-weaning diet on small intestinal growth and jejunal morphology in young swine. **J. Anim. Sci.** 66:574-584. 1988.
- [6] CERVANTES, M.; SAUER, W.C.; MORALES, A.; ARAIZA, A.; YÁNEZ, J. Manipulación nutricional del cerdo para disminuir la contaminación. **Memorias: XXXVI Reunión Anual Asociación Mexicana de Producción Animal**. Escobedo, N.L. 12/1-2. México. Pp 100-117. 2008.
- [7] COOK, M.E. Triennial growth symposium: A review of science leading to host-targeted antibody strategies for preventing growth depression due to microbial colonization. **J. Anim. Sci.** 89:1981-1990. 2010.
- [8] CHURCH, D.C.; POND, W.G.; POND, K.R. El cerdo. En: **Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales**. Cap. 23. Editorial Limusa S.A. de C.V. México D.F., México. Pp 481-513. 2010.
- [9] CHURCH, D.C. Feeding swine. In: **Livestock Feed and Feeding**. Cap. 21. 3rd. Ed. Prentice-Hill, Inc. USA. Pp 368-398. 1991.
- [10] DÍAZ, C.I.; MORALES, M.S.; ENGAÑA, J.I.; SKOKNIC, A.; GECELE C.P. Concentraciones plasmáticas y hepáticas de los principales elementos minerales en cerdos en crecimiento y engorda provenientes de criaderos industriales. **Avanc. en Cien. Vet.** 2 (2):81-87. 1987.
- [11] DUBREUIL, P.; COUTURE, Y.; TREMBLAY, A.; MARTINEAU, G.P. Effects of experimenters and different blood sampling procedures on blood metabolite values in growing pigs. **Can. J. Vet. Res.** 54(3):379-382. 1990.
- [12] DUNSFORD, B.R.; KNABE, D.A.; HAENSLY, W.E. A comparison of dietary soybean meal on the microscopic anatomy of the small intestine in the early-weaned pig. **J. Anim. Sci.** 67:1855-1863. 1989.
- [13] EKENYEM, B.U.; MADUBUIKE, F.N. Haematology and serum biochemistry of grower pigs fed varying levels of *Ipomoea asarifolia* Leaf Meal. **Pakistan J. Nut.** 6(6): 603-606. 2007.
- [14] GAINES, A.M.; CARROLL, J.A.; ALLEE, G.L.; YI, G.F. Pre and post-weaning performance of pigs injected with dexamethasone at birth. **J. Anim. Sci.** 80:2255-2262. 2002.
- [15] GARCÍA, E. Modificaciones al sistema de clasificación climatológico de Köppen. 4ta Ed. Instituto de Geografía. UNAM. México. Pp 87-88. 1987.
- [16] GARCÍA, C.R. F.; RAMÍREZ, J.F.; LARA, L.M.; SALINAS, CH. J.; VALDÉZ, A.; HERNÁNDEZ, J.D.; KAWAS, J.R. Efecto de suplementación de fitasa en dietas para cerdos en engorde. **Rev. Comput. Prod. Porc.** 18 (3): 181-184. 2011.
- [17] GARCÍA, C. R.F.; PADILLA, M.V.; LARA, L.M.; SALINAS, CH. J.; GARCÍA, S.M.; KAWAS, J.R. Efecto de la suplementación de fitasa en dietas para cerdos en pre-inicio. **Memorias de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA)**, Volumen XVII, Suplemento 1. San Juan, 10/18-23. Puerto Rico. Pp 189-193. 2009.
- [18] GARCÍA, C.R.F.; CAMERAS, V.J.C; CRUZ, R.C.; LARA, L.M.; SALINAS, CH.J. Adición de fitasa en dietas a base de sorgo y soya para cerdos en crecimiento. **Memorias, XXIV Reunión Anual de la Asociación Mexicana de Producción Animal y X Reunión Bienal del Grupo Norte Mexicano de Nutrición Animal**. Mazatlán, Sinaloa. 10/17-20. México. Pp 128-131. 2006.
- [19] GARCÍA, C.R.; VELÁSQUEZ, G. J.; MORONES, R.R.; KAWAS, G.J.R.; SALINAS, CH.J. Minerales en suero de cerdos en finalización alimentados con dietas suplementadas con Cromo L-metionina. **Asociación Latinoamericana de Producción Animal. Arch. Latinoam. Prod. Anim.** 13 (4): 147-160. 2005.
- [20] GIL, R.F. La anorexia post-destete del lechón. **Los Porcicultores y su entorno**. BM Editores S.A. de C.V.83. Pp 142-156. 2011.
- [21] HANSEN, J.A.; NELSON, J.L.; GOODBAND, R.D.; WEEDEN, T.L. Evaluation of animal protein supplement in diets of early-weaned pigs. **J. Anim. Sci.** 71:1853-1862.1993.
- [22] HE, Q.; REN, P.; KONG, X.; WU, Y.; WU, G.; LI, P.; HAO, F.; TANG, H.; BLACHIER, F.; YIN, Y. Comparison of serum metabolite compositions between obese and lean growing pigs using an NMR-based metabonomic approach. **J. Nutr. Biochem.** 23(2):133-139. 2011.
- [23] KATS, L.J.; NELSEN, J.L.; TOCACH, M.D.; GOODBAND, R.D.; HANSEN, J.A.; LAURIN, J.L. The effect of spray-dried protein plasma and growth performance in the early-weaned. **J. Anim. Sci.** 72:2075-2081. 1994.
- [24] KERR, B.J.; EASTER, R.A. Effect of feeding reduced protein, amino acid-supplemented diets on nitrogen and energy balance in grower pigs. **J. Anim. Sci.** 73(10):3000-3008. 1995.
- [25] KERR, B.J.; MCKEITH, F.K.; EASTER, R.A. Effect on performance and carcass characteristics of nursery to finisherpigs fed reduced crude protein amino acid-supplemented diets. **J. Anim. Sci.** 73:433-440. 1995.

- [26] KIARIE, E.S.; BHANDARI, M.; SCOTT, D.; KRAUSE, O.; NYACHOTI, C.M. Growth performance and gastrointestinal microbial ecology responses of piglets receiving *Saccharomyces cerevisiae* fermentation products after an oral challenge with *Escherichia coli* (K88). **J. Anim. Sci.** 89:1062–1078. 2011.
- [27] KIM, J.W.; JIN, L.Z.; CHO, S.H.; MARQUARDT, R.R.; FROHLICH, A.A.; BAIDO, S.K. Use of chicken egg-yolk antibodies against K88 + fimbrial antigen for quantitative analysis of enterotoxigenic *Escherichia coli* (ETEC) K88 + by a sandwich ELISA. **J. Sci. Food. Agri.** 79:1513-1518. 1999.
- [28] KLASING, K.C. Nutritional aspects of leukocytic cytokines. **J. Nutr.** 118:1436-1446. 1988.
- [29] MAHAN, D.C.; EASTER, R.A.; CROMWELL, G.L.; MILLAR, E.R.; DEUM, L. Effect of dietary lysine levels formulated by altering the ratio of corn: soybean meal with or without dried whey and L-lysine HCl in diets for weanling pigs. **J. Anim. Sci.** 71:1848-1852. 1993.
- [30] MAHAN, D.C. Dietary calcium and phosphorus levels for weanling swine. **J. Anim. Sci.** 54:559-564. 1982.
- [31] MARTÍNEZ, A.M.; FIGUEROA, V.J.L.; TRUJILLO, C.J.E.; ZAMORA, Z.V.; CORDERO, M.J.L.; SÁNCHEZ, T.M.T.; REYNA, S.L. Respuesta productiva y concentración de urea en plasma de cerdos en crecimiento alimentados con dietas sorgo-pasta de soya con baja proteína. **Vet. Méx.** 40:127-138. 2009.
- [32] MERCK. Guía de referencia: Bioquímica sérica. **Manual Merck de Veterinaria.** 5ª Ed. Océano Grupo Editorial. Barcelona, España. Pp 2545-2551. 2000.
- [33] NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Nutrient Requirements of Swine. 10th Ed. **Nutrient Requirements of Domestic Animals.** National Academy Press. Washington. DC. USA. Pp16-30 y 110-141. 1998.
- [34] NYACHOTI, C.M.; KIARIE, E.; BHANDARI, S.K.; ZHANG, G.; KRAUSE, D.O. Weaned pig responses to *Escherichiacoli*K88 oral challenge when receiving a lyszyme supplement. **J. Anim. Sci.** 90(1): 252-260. 2012.
- [35] OMOGBENIGUN, F.O.; NYACHOTI, C.M.; SLOMINSKI, B.A. The effect of supplementing microbial phytase and organic acids to a corn-soybean based diet fed to early-weaned pigs. **J. Anim. Sci.** 81:1806–1813. 2003.
- [36] OWUSU-ASIED, A.; NYACHOTI, C.M.; MARQUARDT, R.R. Response of early-weaned pigs to an enterotoxigenic *Escherichia coli* (K88) challenge when fed diets containing spray-dried porcine plasma or pea protein isolate plus egg yolk antibody, zinc oxide, fumaric acid, or antibiotic. **J. Anim. Sci.** 81 (7):1790-1798. 2003.
- [37] PASSILL, DE A.M.B.; PELLETIER, G.; MITNARD, J.; MORISSET, J. Relationships of weight gain and behavior to digestive organ weight and enzyme activities in piglets. **J. Anim. Sci.** 67:2921-2929. 1989.
- [38] PÉREZ, R.C.L. Evaluación de niveles de plasma sanguíneo como ingrediente en dietas de pre iniciación para lechones. Escuela de Zootecnia. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, CA. Tesis de Grado. Pp 9-48. 2003.
- [39] RODRÍGUEZ, N.; BOCOURT, R.; TERRY, I.; LAMAZARES, E. Indicadores morfométricos del tracto gastrointestinal (TGI) de cerdos destetados que consumen harina de caña deshidratada. **Rev. Comput. Prod. Porc.** 6: 46-53. 1999.
- [40] SHIMADA, M.A. Alimentos: su composición y cómo evaluarla. **Nutrición Animal.** Editorial Trillas. México DF. México. Pp 39. 2003.
- [41] SOUZA, T.C.R.; AGUILERA, M.A.B.; AGUILERA, A.B.; MARISCAL, G.L.; GUERRERO, M.J.C. Morfología del tracto digestivo de lechones alimentados con proteínas de soya aislada o concentrada. **Arch. Latinoam. Prod. Anim.** 15(4): 139-146. 2007.
- [42] STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE (SAS). SAS/STAT User's Guide (Release 9.0), Cary, NC, USA. 2001.
- [43] STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. Análisis de la varianza I: Clasificación de una vía (Cap. 7); Comparaciones múltiples (Cap. 8). **Bioestadística: Principios y Procedimientos.** 2da. Ed. (1ª. en español). McGraw-Hill, New York, EUA. Pp 132-165, 166-185. 1986.
- [44] THANISSERY, R.; MCREYNOLDS, J.L.; CONNER, D.E.; MACKLIN, K.S.; CURTIS, P.A.; FASINA, Y.O. Evaluation of the efficacy of NuPro yeast extract in reducing intestinal *Clostridium perfringens* levels in broiler chickens. **Poultry Sci.** 89:2380–2388. 2010.
- [45] TOUCHETTE, K.J., MATTERI, R.L.; DYER, C.J.; CARROLL, J.A.; ALLEE, G.L. Effects of weaning diet on pig performance and intestinal morphology. **J. Anim. Sci.** 77 (Suppl. 1):194 (Abstr.). 1999.
- [46] WELLOCK, I.J.; HOUDIJK, J.G.M.; MILLER, A.C.; GILL, B.P.; KYRIAZAKIS, I. The effect of weaner diet protein content and diet quality on the long-term performance of pigs to slaughter. **J. Anim. Sci.** 87(4):1261-1269. 2009.
- [47] XU, Z.R.; KORNEGAY, E.T.; SWEET, L.A.; LINDEMANN, M.D.; VEIT, H.P.; WATKINS, B.A. Effects of feeding aspirin and soybean oil to weanling pigs. **J. Anim. Sci.** 68:1639-1647. 1990.