

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS

Evaluación del desempeño de lechones de 21 a 36 días de vida con raciones conteniendo proteasa.

MV. Prenna Gisella

01/09/2016

Prenna Gisella

**Evaluación del desempeño de lechones de 21 a 36 días
de vida con raciones conteniendo proteasa**

Trabajo presentado en la Facultad de Ciencias Veterinarias como parte de las exigencias de la carrera de postgrado Especialización en Nutrición Animal.

Director: MV. Msc., Capalbo Santiago.
Co-Director: Dra. Williams Sara Inés.
Buenos Aires, Argentina. 2016.

ÍNDICE

Resumen.....	3
Introducción.....	4
Objetivo	5
Revisión bibliográfica	6
Material y métodos.....	9
Resultados	12
Discusión	15
Conclusiones.....	16
Referencias Bibliográficas	16

RESUMEN

El período post-destete es de alta susceptibilidad y se caracteriza por un bajo consumo de alimento y baja capacidad digestiva. Se realizó un ensayo con el objetivo de evaluar el desempeño zootécnico en lechones de 21 a 36 días de vida con la inclusión de proteasas en raciones pre iniciales comerciales. Se utilizaron 96 animales de línea genética de alta deposición muscular, hembras y machos castrados de 20 días de edad, los cuales se distribuyeron en un delineamiento en bloques casualizados (DBCA) de tres (3) tratamientos y ocho (8) repeticiones de cada uno. Se utilizaron cuatro (4) animales por repetición (2 hembras y 2 machos castrados), realizando dos (2) bloques según el peso de entrada (pesado y liviano). Los lechones recibieron 2 raciones en harina: Pre-iniciador 1 (20 a 31 días de vida) y Pre-iniciador 2 (31 a 36 días de vida), siendo 3 tratamientos de cada una: 1. Control; 2. Control + 500 gr/tn proteasa incorporada on top; 3. Control + 500 gr/tn proteasa incorporada como fuente de nutriente, reformulando según aportes nutricionales indicados por el laboratorio. Los lechones se pesaron individualmente al inicio (20 días de vida) y al finalizar cada fase (31 y 36 días de vida). Se evaluaron los datos de desempeño zootécnico (Peso Inicial, Peso Final, Consumo de Alimento, Ganancia Diaria de Peso, Conversión Alimenticia, Consumo Diario de Ración) en el período Pre-iniciador 1 (20 a 31 días), Pre-iniciador 2 (31 a 36 días) y durante el período completo (20 a 36 días de vida) mediante test de ANOVA con 5 % de significancia y test de comparación de medias de Tukey con 5 % de significancia. Los análisis estadísticos se efectuaron con el programa estadístico Infostat. Los animales alimentados con dietas pre iniciales con proteasas incorporadas on top mostraron mejores resultados de peso final, GDP y CA en el período de 21 a 36 días de vida, generando mayor índice rentabilidad. El tratamiento control (sin proteasa) obtuvo resultados intermedios, siendo los peores resultados obtenidos los de los animales que recibieron dietas con proteasa incorporada de acuerdo a la matriz nutricional.

INTRODUCCIÓN

Los avances genéticos en reproducción y nutrición porcina han logrado obtener al cerdo actual, cuyas características corresponden a un animal con acelerada velocidad de crecimiento, un marcado desarrollo muscular, bajo contenido de grasa y menor conversión alimenticia (Curtís, 2000).

El destete de los lechones es un punto crítico ya que se produce la separación de su madre, cambios en la alimentación, en las instalaciones y reagrupamiento. En el caso de realizarse el destete a los 21 días de vida, además, el sistema digestivo de los lechones es inmaduro, con capacidad de secreción de enzimas aptas para digerir los componentes de la leche (grasa, lactosa y caseína) pero escasa producción de ácido clorhídrico y enzimas específicas para la digestión de los ingredientes de origen vegetal (Roppa, 1988; Araújo, 2003; Wenk, 1993).

El lechón al destete posee poca capacidad gástrica para producir ácido clorhídrico, lo que hace difícil reducir el pH gástrico a 3.5, valor considerado ideal (Blanchard, 2000). Esta cantidad de ácido clorhídrico producido es insuficiente para activar pepsinógeno producido por la mucosa gástrica, por lo tanto, la escisión de enlaces peptídicos iniciales puede no ocurrir en el estómago del lechón destetado y partículas intactas puede entrar en el intestino delgado, pudiendo resultar en diarrea (Freitas, 2006).

El período de 7-14 días post-destete es el de mayor susceptibilidad y se caracteriza por un bajo consumo de alimento y baja digestibilidad, de modo que el lechón es incapaz de alcanzar la ingesta energética necesaria para cubrir las necesidades de mantenimiento al menos hasta el quinto día post destete (Le Dividich y Herpin, 1994). Esto resulta en un estado general de deficiencia energética que conduce a la disminución de peso y la posible aparición de diarrea (Ziegerhofer, 1988). En este período, los lechones sufren modificaciones en la estructura de la mucosa intestinal (Mores, 1993). Los principales cambios se producen entre 3 y 7 días después del destete con reducción en la altura de las vellosidades y una mayor profundidad de las criptas (27 a 50% y 10 a 114% respectivamente), lo que reduce significativamente la capacidad digestiva de absorción del intestino delgado (Navuurs, 1994; Freitas, 2006).

Al momento de iniciar la ingesta de dietas sólidas, que contienen ingredientes de origen vegetal, comienza a producirse una adaptación del sistema digestivo. El primer cambio en evidenciarse es el aumento de las enzimas pancreáticas, lo que se relaciona a la edad de los lechones y a la exposición a sustratos específicos (Makkink, 1994; Lovatto, 2002).

Para lograr una adecuada adaptación de los lechones a la alimentación en el post destete, se utilizan dietas pre iniciales que contienen ingredientes de alta digestibilidad y se realizan procesamientos que aumentan aún más la misma, favoreciendo la maduración del sistema digestivo de modo progresivo (Bertol et al., 2000; Carvalho, 2006).

La aplicación de tecnología sobre las materias primas y alimentos permitió crear fuentes alternativas de proteínas de fácil digestión. Así, los cerdos lactantes pueden ser introducidos en la alimentación sólida a partir de los 3 a 5 días de edad con el empleo de alimentos pre iniciales de alta calidad y elevada digestibilidad (Lucas, 1998).

Las enzimas son proteínas producidas de manera natural por los seres vivos con la función de acelerar las reacciones químicas del organismo. La digestión es una reacción química en la cual diferentes enzimas se unen a moléculas del alimento de alto peso molecular (sustratos) para formar complejos enzimáticos, y acelerar su ruptura haciéndolas más pequeñas. Cada enzima es específica de un sustrato. El mecanismo de unión de enzimas se realiza a través de la termodinámica de las reacciones químicas (Gomez, 1993; Lyons, 1992).

El suministro de enzimas exógenas ofrece un aporte enzimático extra ante la baja producción endógena en lechones destetados (Ferket, 1996), observándose recién adecuadas concentraciones de producción enzimática a partir de la segunda semana post destete (Lindemann, 1986).

Las proteasas son enzimas con capacidad de degradar proteínas del alimento. Se utilizan en producción porcina y aviar para aumentar la digestibilidad de componentes proteicos. Este grupo de enzimas actúa sobre las proteínas teniendo gran efecto en dietas con inclusión de soja, maíz y sorgo, aumentando la solubilidad, mejorando la digestibilidad y disminuyendo la excreción de nitrógeno. Su inclusión complementa la acción de las enzimas endógenas y disminuyen los factores anti nutricionales presentes en la soja, siendo muy eficaces en la crítica etapa del post destete (Caine, 1997).

OBJETIVO

Evaluar el desempeño zootécnico (ganancia de peso, consumo diario de ración y conversión alimenticia), índice de rentabilidad y frecuencia de diarreas en lechones de 21 a 36 días de vida con la inclusión de proteasas en raciones pre iniciales comerciales.

REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

En una dieta a base de maíz y soja, aproximadamente el 12% de la proteína total no es digestible. Significa que, una dieta de 20% de proteína bruta, tendrá aproximadamente 2,4% de proteína no digestible. Esa fracción representa una fuente potencial de aminoácidos y energía. Por otro lado, la mayoría de los ingredientes alimenticios usados en raciones de cerdos contiene uno o más factores anti nutricionales (FAN) que afectan la disponibilidad de los nutrientes (Redy, 1992).

Los FAN son sustancias naturales no fibrosas generadas por el metabolismo secundario de las plantas, como un mecanismo de defensa ante el ataque de hongos, bacterias, insectos y pájaros, o en algunos casos, productos del metabolismo de las plantas sometidas a condiciones de estrés (D'Mello, 2000; Muzquiz, 2006; Bruhhink, 1993).

La soja contiene una serie de compuestos anti nutricionales y alergénicos, tales como inhibidores de la tripsina, glicina, beta conglicinina, oligosacáridos, lecitinas y saponinas (Liener, 1996).

Los inhibidores de proteasas o inhibidores tríplicos son proteínas que se unen a la tripsina y quimiotripsina, enzimas digestivas segregadas por el páncreas. Dos son las principales proteasas presentes en la soja cruda: factores inhibidores de Kunitz y de Bowman-Birk (Muzquiz, 2006). Los niveles medios del primero de ellos en la soja cruda son del orden del 1,4%, siendo un inhibidor principalmente de la tripsina. El segundo es un inhibidor de ambas enzimas, y se encuentra en niveles del 0,6%. Este último es el más resistente a los tratamientos por calor. El efecto más importante de los inhibidores de proteasas es la inhibición del crecimiento, producida por una disminución en la digestibilidad de la proteína. Conjuntamente se ocasiona un aumento en la secreción pancreática de enzimas digestivas como tripsina, elastasa, amilasa y quimiotripsina, dando como resultado la pérdida de proteína endógena rica en aminoácidos azufrados esenciales, además de la subutilización de la proteína de la dieta (Belmar, 2001; Muzquiz, 2006).

Las hemoaglutininas o lectinas son proteínas que se encuentran a nivel del 1,3% en la soja cruda. Su principal efecto está relacionado con el hecho de que se adhieren a los carbohidratos sobre la superficie del intestino delgado (duodeno y yeyuno) y causan daños en la pared intestinal,

afectando los procesos de absorción y transporte de nutrientes a través de ella (Celis, 2000; Bassan, 2002; Hernandez, 2009; Lis 1998; Méndez, 2004).

Las saponinas son glucósidos que se encuentran en bajas concentraciones en el poroto de soja (0,5%). Determinan en gran parte el sabor amargo de la soja cruda, poseen actividad hemolítica, forman complejos con el colesterol (Lacaille-Du Bois, 1996; Hernández, 1997) y no se absorben en el intestino, por lo que afectan la absorción de hierro y zinc (Oaken Full, 1978; Southon, 1988).

Los factores alergénicos son predisponentes de las reacciones inflamatorias que se observan en la mucosa intestinal, duodeno y yeyuno, con el consiguiente incremento de la secreción mucosa y aumento de la humedad de las heces. La glicina y la beta- coglicina podrían estar implicadas en estos cambios a nivel de la mucosa intestinal. Los componentes antigénicos se caracterizan por su resistencia a la desnaturalización por procedimientos térmicos convencionales, y al ataque enzimático que tiene lugar en el sistema digestivo. Sin embargo, al ser proteínas, las condiciones de procesado pueden influir en la concentración de antígenos al alterar la estructura inmunoquímica de las proteínas e influir en la digestibilidad de las proteínas antigénicas (Belmar, 2001; Machado, 2007).

Los factores anti nutricionales pueden clasificarse como termo estables y termo lábiles; los factores termo estables incluyen: factores antigénicos, oligosacáridos y saponinas; mientras que entre los termo lábiles se encuentran los inhibidores de proteasas (tripsina y quimotripsina), lectinas y goitrogenos (Belmar,2000; Belmar 2001). Es práctica común procesar térmicamente el poroto de soja para desnaturalizar dichos los factores anti nutricionales, aunque siempre quedan contenidos residuales de los mismos.

La presencia de estos factores anti nutricionales en las dietas pre iniciales produce lesiones estructurales a nivel intestinal y el resultante incremento en la tasa de reemplazo celular que origina elevadas pérdidas de energía y proteínas endógenas, dificultando aún más la digestión post destete.

Mediante la adición de enzimas proteolíticas, es posible eliminar o reducir los factores anti nutricionales de la soja e incrementar su valor nutricional para dietas de cerdos. Se obtiene un mejor desempeño en ganancias diarias de peso y una mejor conversión alimenticia (Pérez, 2002; Khlebov, 2001).

En general la calidad de una dieta está relacionada con el nivel de factores anti nutritivos de los ingredientes. Estos niveles pueden variar ampliamente entre lotes de ingredientes. La información científica disponible sugiere que las respuestas a las enzimas son dependientes, entre

otros, de la calidad de los ingredientes. A menor calidad, mayor será la magnitud de la respuesta (Ravindran, 2010).

Las semillas, especialmente de las leguminosas como la soja, contienen altas concentraciones de proteínas de almacenamiento, las cuales se generan principalmente durante la producción de la semilla y se almacenan en la misma. Su función es la de proporcionar una fuente de nitrógeno para el desarrollo del embrión durante la germinación. Estas proteínas de almacenamiento pueden unirse a partículas de almidón disminuyendo su digestión. Las proteasas pueden ayudar a descomponer las proteínas de almacenamiento, liberando el almidón que entonces puede ser digerido por el animal (Bedford and Partridge, 2010).

Desde hace muchos años se ha intentado incrementar el valor nutritivo de los alimentos con enzimas exógenas. En un comienzo se emplearon enzimas provenientes de vísceras de animales (pepsinas, tripsinas y amilasas pancreáticas), proteasas provenientes del árbol de higo y papaína de la papaya (Ovchinnikov, 2001). Con el avance de la ingeniería genética, se han producido enzimas provenientes de bacterias (*Bacillus subtilis*) y algunas especies de hongos (*Aspergillus oryzae*) o levaduras (Bravo, 1992).

En general, los beneficios potenciales de la adición de enzimas serán mayores cuando el sistema digestivo sea más simple, como ocurre en animales jóvenes. Éstos tienen una capacidad enzimática digestiva menos desarrollada en comparación con los adultos, por lo que pueden beneficiarse de un amplio espectro de enzimas como lipasas, amilasas y proteasas, que se añaden a dietas basadas en ciertos ingredientes.

Actualmente el empleo de enzimas en dietas de monogástricos ha logrado el abaratamiento de costos de las raciones nutricionales y por lo tanto la mejora de los parámetros en la producción.

La adición de enzimas a las raciones se puede realizar de 2 maneras:

1. Simple adición a la dieta: Enzimas usadas ON TOP de la dieta en uso (sin reformulación). Mejora la digestibilidad de la dieta y consecuentemente mejora los resultados productivos. Esta forma de uso es muy común en dietas de lechones.
2. Como fuente de nutrientes: Debido a que las enzimas mejoran la digestibilidad de la energía, proteínas y minerales en la alimentación, los fabricantes de alimentos pueden reducir los costos mediante la reformulación para disminuir los niveles de estos nutrientes. En este caso se atribuye una matriz nutricional a la enzima utilizada y se formula a costo mínimo. Esta forma de uso es muy común en dietas de crecimiento y terminación. En este caso la adición de enzimas para alimentar será

dependiente en gran medida del costo de la enzima en comparación con el costo de las fuentes de energía, proteína y minerales.

Cabe destacar que no siempre la suplementación con enzimas digestivas proporciona respuesta positiva. Para tener el efecto esperado se necesitan sustratos específicos en la dieta y una correcta dosificación de las enzimas. Es importante, para lograr la eficacia en el uso de enzimas, que las mismas tengan alta actividad específica por unidad de proteína, capacidad de ser activas en el intestino del animal, estables durante el almacenamiento y compatibles con los minerales, vitaminas y otros ingredientes de las raciones. Igualmente, deben ser estables en las altas temperaturas alcanzadas durante la elaboración del alimento (peletización) (Penz Jr., 1998), seguras, fáciles de manejar y de libre flujo para poder mezclarse homogéneamente en el alimento (Selle y Ravindran, 2007).

Las enzimas de origen microbiano funcionan más eficientemente en el intestino delgado, donde el pH es casi neutro, aunque condiciones de pH más bajos se pueden encontrar en las partes superiores del intestino delgado próximas al estómago. Por lo tanto, a menudo se incluyen mezclas de enzimas provenientes de hongos y bacterias para asegurar un mayor espectro de actividad (Walsh, 1993).

Cantidades considerables de actividad proteolítica endógena están asociadas al estómago. Sin embargo, por su naturaleza, la mayoría de las enzimas de origen microbiano son resistentes al ataque proteolítico (Walsh, 1993).

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en la recría experimental de la granja BIOPOR, Carmen de Areco, provincia de Buenos Aires durante el período del 9 al 25 de abril de 2015.

La recría posee 24 corrales sobre elevados de 2,5m² cada uno, piso full slats de plástico y paredes de hierro (rejas). Cada corral cuenta con 1 comedero lineal de 5 bocas con 2 bandejas debajo para la recolección de desperdicios. El agua se aporta mediante chupetes (2/corral). El ambiente es controlado con cortinas laterales, ocho (8) pantallas a base de gas para cubrir la sala de recría y 1 (una) lámpara infra-roja por corral.

Se utilizaron 96 animales de línea genética de alta deposición muscular, hembras y machos castrados de 20 días de edad, los cuales se distribuyeron en un delineamiento en bloques casualizados (DBCA) de tres (3) tratamientos y ocho (8) repeticiones de cada uno. Se utilizaron cuatro (4) animales por repetición (2 hembras y 2 machos castrados), realizando dos (2) bloques según el peso de entrada (pesado y liviano).

La selección de los animales se realizó con un primer descarte visual de aproximadamente el 20% de los mismos, siendo los restantes pesados individualmente y caravaneados para la posterior formación de los lotes de acuerdo a recomendaciones de Sakamura y Rostagno (2007).

Los lechones de cada tratamiento recibieron 2 raciones en harina: Pre-iniciador 1 (20 a 31 días de vida) y Pre-iniciador 2 (31 a 36 días de vida). Los mismos se prepararon en una micromezcladora de 75 Kg en forma manual. Los microingredientes, incluyendo la proteasa se agregaron a la micromezcladora previa elaboración de una premezcla.

Tratamientos:

1. Control
2. Control + 500 gr/tn proteasa incorporada on top.
3. Control + 500 gr/tn de proteasa incorporada según matriz nutricional provista por el fabricante:

	Matriz Sugerida
Proteína	3855%
Energía Met (kcal/kg)	32.896
Lisina	267%
Metionina	64%
Met + Cys	180%
Treonina	278%
Valina	260%
Arginina	169%
Triptofano	75%
Leucina	295%
Isoleucina	189%

Se utilizó una proteasa de origen microbiano comercializada por el laboratorio Novus® con el nombre Cibenza DP 100 en forma de premezcla.

Las formulaciones se realizaron según los aportes nutricionales recomendados por las tablas NRC 2012 para las categorías consideradas.

Composición porcentual aproximada de las raciones:

	Pre-iniciador 1 (%)	Pre-iniciador 2 (%)
Fuentes de soja	10	20
Proteína animal	10	10
Lácteos	30	20
Cereales	45	45
Otros	5	5

Los lechones se pesaron individualmente al inicio (20 días de vida) y al finalizar cada fase (31 y 36 días de vida).

Al inicio se pesaron los comederos vacíos en balanza digital con precisión de 50gr., y se fue agregando la ración correspondiente a medida que era necesario previo pesaje en balanza digital y registro. Al finalizar cada fase se pesó el comedero con el alimento sobrante para calcular el consumo diario de ración.

La regulación de los comederos se realizó 4 veces al día (7hs, 11hs, 15hs y 19hs).

Diariamente, se evaluó:

- Peso de desperdicios (8hs) en baldes individuales con balanza digital de 1 gr de precisión.
- Score fecal del corral (unidad experimental), registrándose el score más alto, de acuerdo a escala propuesta por Barcellos (score 1: constipado; score 2: semi seco con forma; score 3: semi seco sin forma; score 4 liquido). Solo se considera diarreico el score nº4 (11hs).
- Temperaturas máximas y mínimas de la sala (7hs y 19hs).

La luz de la sala permaneció encendida de las 7hs a las 19hs (12hs), siendo su control automático por medio de un timer.

Parámetros a analizados:

Se analizaron las temperaturas del galpón durante todo el período experimental.

Los datos de desempeño zootécnico (Peso Inicial, Peso Final, Consumo de Alimento, Ganancia Diaria de Peso, Conversión Alimenticia, Consumo Diario de Ración) se analizaron en el período Pre-iniciador 1 (20 a 31 días), Pre-iniciador 2 (31 a 36 días) y durante el

período completo (20 a 36 días de vida) mediante test de ANOVA con 5 % de significancia y test de comparación de medias de Tukey con 5 % de significancia. Los análisis estadísticos se efectuaron con el programa estadístico Infostat.

La frecuencia de animales con diarrea (score fecal 4) se analizó mediante el estadístico chi cuadrado.

El índice de rentabilidad de cada tratamiento se analizó de acuerdo a la siguiente fórmula (Buarque, 1981):

$$IR = (\Sigma = Y_i \times P - \Sigma = CONR_i \times PR_i) / \Sigma = CONR_i \times PR_i$$

Donde:

Y_i: peso del animal en el tratamiento i

P: precio por kg de animal

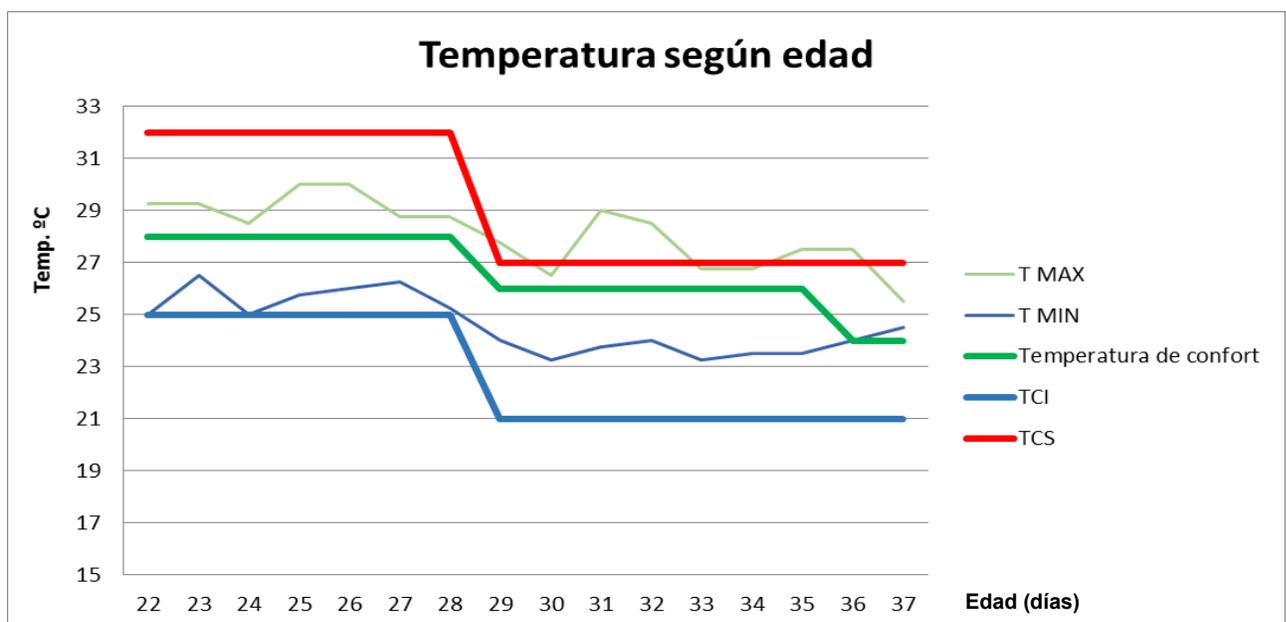
Cori: consumo de ración en el tratamiento i

PR_i: precio de la ración en el tratamiento i

RESULTADOS

1. Registro de temperaturas máximas y mínimas:

En el siguiente gráfico se describen las temperaturas máximas (T MAX) y mínimas (T MIN) diarias registradas, temperatura de confort, temperatura crítica inferior (TCI) y temperatura crítica superior (TCS) según edad (días) (Gonyou, 2006).



Se observa que en el período de 21 a 28 días la temperatura se mantuvo dentro un rango óptimo. De los 28 a 36 días de vida se manifestaron picos máximos que superaron la TCS. Sin embargo, no se registraron temperaturas debajo de la TCI, siendo que las bajas temperaturas poseen un mayor impacto en lechones de dicha categoría.

2. Desempeño zootécnico:

En la tabla 1 se observa el desempeño en el período 20 a 31 días de edad. A pesar de observarse diferencias numéricas, no hubo diferencia significativamente estadística en el peso final, consumo diario de ración ni ganancia diaria de peso entre los 3 tratamientos. Se observa diferencia estadística en la conversión alimenticia, siendo más baja en los tratamientos 1 y 2; ambas mejores que el tratamiento 3 (tabla 1).

En el período de 31 a 36 días de edad, no hubo diferencias significativas en el consumo diario de ración ni conversión alimenticia entre los 3 tratamientos. Sin embargo, el peso final fue mayor para el tratamiento 2; el tratamiento 1 fue igual al tratamiento 2 y al 3, el cual fue distinto al 1, siendo el de menor peso. Los mismos resultados se obtuvieron para la ganancia diaria de peso (tabla 2).

Al analizar el período completo (20 a 36 días) no se encontró diferencia significativa estadística en el consumo diario de ración. No obstante, el peso final fue mayor para el tratamiento 2; el tratamiento 1 fue igual al tratamiento 2 y al 3, el cual fue distinto al 1, siendo el de menor peso. Los mismos resultados se obtuvieron para la ganancia diaria de peso. Con respecto a la conversión alimenticia, los tratamientos 1 y 2 fueron iguales y mejores que la del tratamiento 3.

Tabla 1. Desempeño zootécnico en el período de 20 a 31 días de vida.

20 a 31 días de vida					
Tratamiento	PI	PF	CDR	GDP	CA
1	5,96	7,34	0,17	0,13	1,39 (a)
2	5,96	7,49	0,18	0,14	1,31 (a)
3	5,96	7,18	0,17	0,11	1,64 (b)
CV	15,43	4,95	15,03	24,02	13,01
P		NS	NS	NS	0,0066

PI: peso inicial; PF: peso final; CDR: consumo diario de ración; GDP: ganancia diaria de peso; CA: conversión alimenticia; CV: coeficiente de variación; P: valor estadístico (NS: sin diferencias estadísticas significativas).

Tabla 2. Desempeño zootécnico en el período de 31 a 36 días de vida.

31 a 36 días de vida					
Tratamiento	PI	PF	CDR	GDP	CA
1	7,34	9,09 (ab)	0,45	0,35 (ab)	1,30
2	7,49	9,39 (a)	0,47	0,38 (a)	1,23
3	7,18	8,77 (b)	0,43	0,32 (b)	1,34
CV	4,95	4,7	9,01	9,91	8,76
P		0,03	NS	0,0089	NS

PI: peso inicial; PF: peso final; CDR: consumo diario de ración; GDP: ganancia diaria de peso; CA: conversión alimenticia; CV: coeficiente de variación; P: valor estadístico (NS: sin diferencias estadísticas significativas).

Tabla 3. Desempeño zootécnico en el período de 20 a 36 días de vida.

20 a 36 días de vida					
Tratamiento	PI	PF	CDR	GDP	CA
1	5,96	9,09 (ab)	0,26	0,20 (ab)	1,34 (a)
2	5,96	9,39 (a)	0,27	0,21 (a)	1,25 (a)
3	5,96	8,77 (b)	0,25	0,18 (b)	1,45 (b)
CV	4,95	4,7	10,58	13,04	6,03
P		0,03	NS	0,023	0,0005

PI: peso inicial; PF: peso final; CDR: consumo diario de ración; GDP: ganancia diaria de peso; CA: conversión alimenticia; CV: coeficiente de variación; P: valor estadístico (NS: sin diferencias estadísticas significativas).

3. Score fecal:

No se realizó análisis estadístico debido a que no se observó ningún score 4 (diarreico) en ningún tratamiento a lo largo del ensayo.

4. Índice de rentabilidad:

Para realizar el índice de rentabilidad se consideraron los precios de alimento y lechón de abril de 2015. El índice de rentabilidad de cada tratamiento de cada etapa es el siguiente:

Índice de rentabilidad en los períodos de 20 a 31 días de vida, 31 a 36 días de vida y 20 a 36 días de vida:

20 a 31 días	
IR (\$/Kg)	
Tto. 1	1,02
Tto. 2	1,10
Tto. 3	0,80

31 a 36 días	
IR (\$/Kg)	
Tto. 1	2,18
Tto. 2	2,28
Tto. 3	2,21

20 a 36 días	
IR (\$/Kg)	
Tto. 1	1,54
Tto. 2	1,63
Tto. 3	1,4

Tto 1: tratamiento 1; Tto.2: tratamiento 2; Tto. 3: Tratamiento 3. Ir (\$/kg): índice de rentabilidad.

El índice de rentabilidad, que expresa el retorno de los costos asociados a las raciones, fue mayor para el tratamiento 2 en todas las etapas. El tratamiento 1 tuvo un retorno intermedio entre el 2 y el 3 en los períodos 20 a 31 y 20 a 36 días de vida; el tratamiento 3, a excepción del período 31 a 36 días de vida, originó el menor retorno económico.

DISCUSIÓN

Es importante recordar que los niveles de inclusión de la enzima deben reflejar los niveles de sustrato en la ración. En este ensayo, la adición de enzima de acuerdo a la matriz nutricional sugerida dio menores resultados que el tratamiento con adición on top y que la dieta control.

Al igual que en el presente trabajo, Dierick (2004) encontró mejoras en la tasa de crecimiento, y conversión de alimento con la adición de proteasa en dieta de lechones a base de maíz y soja. Sin embargo, Luis e Silva (2013) no obtuvieron diferencia significativa en los parámetros de ganancia diaria de peso, consumo diario de alimento y la conversión alimenticia en cerdos destetados a los 21 días de vida, suplementados con proteasa en raciones pre iniciales e iniciales. Tampoco observaron diferencia en la frecuencia de diarrea en animales suplementados con proteasa en dietas pre iniciales e iniciales. Se debe tener en cuenta el bajo desafío sanitario en las instalaciones experimentales y la alta digestibilidad del alimento ofrecido a los lechones, que reduce la cantidad de sustrato no digestible y disponible para la proliferación de agentes patógenos disponibles a la luz intestinal. Debe considerarse la inclusión de antibióticos (Sulfato de Colistina) en las raciones, como así también de plasma, ya que ejerce un efecto protector sobre la mucosa intestinal con lo que se lograba una mayor protección frente a las infecciones. La razón de este efecto no es bien conocida, pero podría deberse a su alto contenido en inmunoglobulinas activas o a su riqueza en otros metabolitos activos (Bosi, 2004; Gatnau, 1995b).

Nery (2000) y Luis e Silva (2013) observaron un aumento de la digestibilidad de la proteína en la alimentación de lechones suplementados con proteasa. Sin embargo, se encuentran trabajos que indican que la digestibilidad de los nutrientes no se ve afectada con la adición de proteasas exógenas (Cency de Barros, 2014; Caine, 1997). Así también Olukosi (2007) no encontró aumento en el rendimiento de los lechones alimentados con dietas suplementadas con xilanasas, amilasa y proteasa.

Diferencias de consistencia en las respuestas a la suplementación enzimática en cerdos podrían estar relacionadas con la edad de los animales (Gdala, 1997). Los cerdos más jóvenes tienden a mostrar mayor respuesta a la suplementación con enzimas (Diebold, 2004) debido al tracto digestivo y los sistemas enzimáticos más desarrollados en los animales de más edad (Jacela, 2010). Por otro lado, la respuesta a la utilización de enzimas es mayor en las materias primas de menor calidad (Bedford, 1998). La adición de proteasas es más eficaz en la mejora del rendimiento de lechones destetados cuando se administran dietas a base de cereales simples y harina de soja, que, con alimentos más complejos, como proteínas animales y productos lácteos.

Otro factor que puede influir en el efecto potencial de la enzima es el tamaño de las partículas de la dieta. El efecto de enzimas exógenas puede estar limitado por el aumento de la exposición de los nutrientes causada por la ruptura de los componentes de la pared celular durante la molienda (Jacela, 2010).

CONCLUSIÓN

Los animales alimentados con dietas pre iniciales con proteasas incorporadas on top mostraron mejores resultados de peso final, GDP y CA en el período de 21 a 36 días de vida, generando mayor índice rentabilidad. El tratamiento control (sin proteasa) obtuvo resultados intermedios, siendo los peores resultados obtenidos los de los animales que recibieron dietas con proteasa incorporada de acuerdo a la matriz nutricional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araújo, L.R.S.; Correia JR, A.A.; Andrade, T.S. 2003. Utilizacao de enzimas nas racoes para leitões na fase de creche. In: Congresso Brasileiro de Veterinários Especialistas em Suinosabaves, 2003, Goiçânia. Anais. Concórdia: EMBRAPA, P. 299-300.
- Aumaitre, L.A. 2000. Adaptation and efficiency of the digestive process in the gut of the Young piglet: Consequences for the formulation of a weaning diet. Asian – Australian Journal of Animal Science, Champaign, v. 13, p. 227-242.
- Barcellos, D. E. S. N.; Gheller, N. B.; Santi, M.; Lippke, R. T.; Gonçalves, M. A. D.; Ribeiro, A. M. L. Visual assessment of fecal consistency in pigs. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Veterinária, PORTO ALEGRE, Brazil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Zootecnia, PORTO ALEGRE, Brazil. P12.027.
- Bassan, N; et al. 2002. Modelo biológico para la detección de antígenos alimentarios. En: <LAN : Archivos latinoamericanos de nutrición. Vol.52, No. 3 (sep. 2002): p. 249 – 256. ISSN 0004 – 0622.
- Bravo, F. 1992. Tratamiento enzimático del sorgo. Acontecer Porcino No. 0 Octubre 12-17, México.
- Belmar, R y Nava, R. 2000. Factores anti nutricionales en la alimentación de animales

monogástricos [en línea]. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán y Centro Regional Universitario Península de Yucatán. Universidad Autónoma Chapingo. [México: FMVZ-UADY y CRUPY -UAC H]: 2000 [citado 17 mayo de 2007]. Disponible desde Internet URL: <http://www.sian.info.ve/porcinos/publicaciones/encuentros/viii_encuentro/roberto.htm

- Bedford, M.R.; Scott, T.A.; Silversides, F.G.; Classen, H.L.; Swift, M.L.; Pack, M. 1998. The effect of wheat cultivar, growing environment and enzyme supplementation on digestibility of amino acids by broilers. *Canadian Journal of Animal Science*, v. 78, p. 335-342.

- Belmar, R. 2001. Importancia de los factores anti nutricionales en la alimentación de animales no rumiantes. En: Congreso de veterinaria 10°. Memorias del X congreso de veterinaria. Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán. Facultad de Medicina Veterinaria Zootecnia. p. 34-54.

- Bertol, T.M.; Ludke, J.V.; Nores, N. 2000. Efeito de diferentes fontes protéicas sobre o desempenho, composicao corporal e morfología intestinal em leitões. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Vicosa, v. 29, n. 6, p. 1735-1742.

- Blanchard P. y F. Wright. 2000. Less buffering more enzymes and organic acids. *Pig Progr.*, 16(3): 23–25.

- Bruggink, J. H. B. 1993. Utilización de concentrados de proteína de soja en dietas de animales jóvenes. En: Curso de especialización de la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal – FEDNA. (10°: 1993: Barcelona) Memorias del IX curso de especialización FEDNA.

- Buarque, C. 1991. Avaliação econômica de projetos: uma apresentação didática. Rio de Janeiro: Campus, 8.ed. 266p.

- Caine, W. R.; Sauer, W. C.; Tamminga, S.; Verstegen, M. W.; Schulze, H. 1997. Apparent ileal digestibilities of amino acids in newly weaned pigs fed diets with protease-treated soybean meal. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 75, n. 11, p. 2962-2969.

- Campomanes, D. 2008. Reconocimiento de calidad en soya [en línea]. Engormix.com: artículos técnicos. [Buenos Aires, Argentina]: [citado 5 abril de 2008]. Disponible desde Internet URL: <http://www.engormix.com/reconocimiento_calidad_soja_s_articulos_1926_AGR.htm>.

- Carvalho, E.M. 2006. Utilizacao de complexo enzimático exógeno em racoes para leitões desmamados entre 7 y 10 kg de peso. 2006. 47p. Dissertacao (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, UFLA.

- Celis, A. 2000. Calidad de pastas de soya mexicanas y su relación con el síndrome de transito rápido en pollos de engorda. Colima: México, 2000, 57p. Tesis (Maestro en Ciencias Pecuarias). Universidad de Colima. Facultad de medicina veterinaria y zootecnia. Postgrado

interinstitucional en ciencias pecuarias.

- Cency de Barros, P.; De Oliveira, V.; Gewehr, C.E.; Vianna Nunes, R. 2014. Efeito da adição de enzimas na digestibilidade total aparente de dietas para leitões desmamados. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, v. 35, n. 4, p. 2211-2218, jul./ago. 2014
- Curtís S. E. 2000. Estrategias para minimizar la perdida de energía metabolizable. *Porcino cultura internacional*, Mayo; 5, 38 – 40, México.
- Diebold, G.; Mosenthin, R.; Piepho, H.P.; Sauer, W. C. 2004. Effect of supplementation of xylanase and phospholipase to a wheat-based diet for weanling pigs on nutrient digestibility and concentrations of microbial metabolites in ileal digesta and feces. *Journal of Animal Science*, v. 82, p. 2647-2656.
- Dierick, N.; Decuyper, J.; Molly, K. et al. 2004. Microbial protease addition to a soybean meal diet for weaned piglets; effects on performance, digestion, gut flora and gut function. *Recent advances of research in antinutritional factors legume seeds and oilseeds*. EAAP publication, Wageningen Academic Publishers, n.110.
- D'Mello. 2000. J. Anti-nutritional Factors and Mycotoxins. En: *Farm Animal Metabolism and Nutrition*. CA BI Publishing. Wallingford, Inglaterra, p.383-403.
- Ferket, P. 1996. Enzymes offer way to reduce waste, improve performance. *Feedstuffs*, v.1, p.30-34.
- Freitas, L. S.; Lopes, D. C.; Freitas, A. F.; Carneiro, J. C.; Corasa, A.; Pena, S. M.; Costa, L. F. 2006. Evaluacion de ácidos orgánicos en dietas para lechones de 21 a 49 días de edad. *Revista Brasileña de Zootecnia, Viçosa*, v. 35, p. 1711-1719.
- Gdala, J.; Jansman, A.J.M.; Huisman, J.; Bucaczevska, L.; Van Leeuwen, P. 1997. The influence of α -galactosidase supplementation on ileal digestibility of lupin seeds carbohydrates and dietary protein in young pigs. *Animal Feed Science and Technology*, v. 67, p.115-125.
- Gee, E. D.; Aron E. L.; Lucas F. S. 2000. La soya en las dietas porcinas como aportan su valor Nutricional. *Feeding Times* 8 (1) 2-3 U.S.A.
- Gomez, J. B. 1993. Nuevas aplicaciones de enzimas en la industria de alimentos balanceados: Allzyme Vegpro la alternativa ideal. 9° Roda Latinoamericana En Biotecnología 1993, Alltech, Inc. Septiembre 27 - 08 de octubre 30, 101-106 México D.F.

- Gonyou, H.W.; Lemay, S.P. & Zhang, Y. 2006. Effects of the environment on productivity and disease. In: Diseases of Swine, 9th Ed. Blackwell Publishing, pp. 1027:1038.
- Hernandez, P. 2009. Las lectinas vegetales como modelo de estudio de las interacciones proteína carbohidrato [en línea] Universidad Autónoma de México. Disponible desde Internet URL:<http://www.facmed.unam.mx/publicaciones/ampb/numeros/2005/01/g_21_27_PEDRO_HE_RNANDEZ%5B1%5D.pdf>[54]
- Hernández, R. 1997. Obtención de crudos de saponinas hipocolesteromizantes del *Chenopodium quinoa Willd*". En: Cubana Milit. Vol.26: p. 55-62.
- Jacela, J. Y.; Dritz, S. S.; Derouchev, J. M.; Tokach, M. D.; Goodband, R. D.; Nelssen, J. L. 2010. Effects of supplemental enzymes in diets containing distillers dried grains with solubles on finishing pig growth performance. The Professional Animal Scientist, v. 26, p. 412-424.
- Khlebov, V. & Sidukov, N. 2001. Some internal traits in purebred and crossbred pigs. Sinovodstvo No. 4, 9-11 Marii Republic, Russia.
- Kitchen, D.I. 1998. Enzymes applications in pig's diet. Feed Compoeder. 14-18 February.
- Kuo, Y.; et al. 2004. Effects of different germination conditions on the contents of free protein and nonprotein amino acids of commercial legumes. En: Food chemistry Vol. 86. p.537 - 545
- Le Dividich J., Herpin P; Rosario-Ludovino, R.M. 1994. Utilization of colostral energy by the newborn pig. J Anim Sci. 72(8):2082-9.
- Laxaille-Du Bois, M. y Wagne, R. H. 1996. A review of the biological and pharmacological activities of saponins. Phytomedicine, Vol.2: p. 363 - 386.
- Liener, A. E. 1996. Enzymes in animal feeds - application technology and effectiveness In Proc. 12th Carolina Swine Nutrition Conference, Raleigh, N.1 (5) 22-33 Carolina, USA.
- Lindemann, M.D.; Cornelius, S.G.; El Kandelgy, S. M. 1986. Effect of age, weaning and diet on digestive enzyme level in the piglet. Journal of Animal Science, Champaign, v. 62, n. 5 p. 1298-1307.
- Lis, H. y Sharon, N. 1998. Lectins: Carbohydratespecific proteins that mediate cellular recognition. En: Chem. Rev. (1998): p. 637 - 674.
- Lovatto, P.A. 2002. Nutricao e alimentacao. In: Suinocultura geral. Cap. 05, p. 63-83.
- Lowler, V.R. and Gill, B.P. 1989. Voluntary food intake in the Young pig. In: Forbes, J.M., Varley, M.A. and Lawrence, T.L.J. (eds) The Voluntary food Intake of Pigs. Occasional Publivation No. 13, British Society of Animal Production, Edinburgh, pp. 51-60.

- Lucas, I.A.M. and Lodge G.A. 1998. Alimentación de lechones. Zaragoza España: Editorial Acribia. P, 75.
- Luis e Silva, J. 2013. Proteasa e butirato de sodio nas dietas pre-inicial e inicial de suinos. Universidade federal de Goiás, Escola de veterinaria e zootecnia. Programa de pós-graduacao em ciencia animal.
- Lyons, T.P. 1992. La aplicación de productos microbianos naturales en la producción porcina. Biotecnología en la industria de alimentación animal Apligen, SETIC Vol. II 43-75 México D.F.
- Machado, C. J. y Sangronis, E. 2007. Influence of germination on the nutritional quality of Phaseolus vulgaris and Cajanus cajan. En: Lebens-Wiss UTechnol. No.40, Vol.1, p. 116-120.
- Makkink, C.A.; Negulescu, G.P.; Guixin. 1994. Effect of dietary protein source on feed intake, grown, pancreatic enzyme activities and jejuna morphology in newlyweaned piglets. British Journal of Nutrition, v. 72, n. 3, p. 353-368.
- Méndez y col. 2004. La Concavalina A reduce la Energía Metabolizable Verdadera del maíz. Zootecnia Tropical. 22 (3): 251-263.
- Michalska, G.; Nowachowicz, J.; Rak, B.; Kapelanski, W. 2000. The results of performance test of crossbred after pietrain sires and sows of different breeds including the zlotnika spotted breed." University of technology and agriculture, 10 85-90 Bydgoszez, Poland.
- Mores, N. 1993. Fatores que limitam a producao de leitões a maternidade. Suinocultura Dinâmica, v.2, n. 9, p.1-5.
- Muzquiz, M. et al. 2006. Factores no-nutritivos en fuentes proteicas de origen vegetal : Su implicación en nutrición y salud [en línea]. BRAZILIAN JOURNAL OF FOOD TECHNOLOGY [Río de Janeiro, Brasil]: 2006 [citado 25 enero de 2008]. Disponible desde Internet URL: http://www.ital.sp.gov.br/bj/bj_old/brazilianjournal/ed_especial_b/cor-15.pdf
- Nabuurs, M.J.A. 1994. Effect of weaning and enterotoxigenic *Escherichia coli* on net absorption in the small intestine of pigs. Research in Veterinary Science, v. 56, p. 379-385.
- Nery, V. L. H.; Lima, J. A. F.; Melo, R. C. A.; Fialho, E. T. 2000. Adição de enzimas exógenas para leitões dos 10 aos 30 kg de peso. Revista Brasileira de Zootecnia, Brasília, v. 29, n. 3, p. 794-802.
- Oaken Full, D. 1978. Absorption of bile salts from aqueous solution by plant fibres and cholestyramine. En: Journal of Nutrition. Vol.40: p.299-309.

- Olukosi, O. A.; Sands, J. S.; Adeola, O. 2007. Supplementation of carbohydrases or phytase individually or in combination to diets for weanling and growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 85, n. 7, p. 1702-1711.
- Ovchinnikov, A.; Kalashnikova. G. 2001. The performance pigs from different types of rational crossbreeding". *Timiryazev Agriculture Academy No. 4*, 3-4 Moscow, Russia.
- Penz JR., A.M. 1998. Enzimas em rações para aves e suínos. In: Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 35., Botucatu. Anais... Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998. p.165-178.
- Pérez, L. M. 2002. Uso de concentrados de proteína de soya en dietas de lechones recién destetados. *Consultor de Nutrición Animal* 10 (2) 22 - 29 Madrid España.2002
- Ravidran, V. 2010. Aditivos en alimentación animal: Presente y Futuro. Madrid, XXVI Curso de especialización FEDNA.
- Reddy, N.R. y S.K. Sathé. Phytates in Legumes and cereals. *Adv. Food res.* 28 P, 91-92.
- Roppa, L. 1988. Avancos na nutricao de leiteoes. *Anuário Suinícola*, Sao Paulo.
- Selle, P.H. and Ravindran, V. 2007. Microbial phytase in poultry nutrition. *Animal Feed Science and Technology* 135, 1–41.
- Sakomura, N., K; Rostagno, H. S. 2007. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. FUNEP. Jaboticabal.
- Southon, S., Wright, A., Price, K., Fairweather-Tait, S. y Fenwick, G. 1988. The effect of three types of saponin on iron and zinc absorption from a single meal in the rat. *En: British Journal of Nutrition* Vol.59: p.389- 396.
- Walsh, G.A.; Power, R.F.; Headon, D.R. 1993. Enzymes in the animal feed industry. *Trends in Biotechnology*, v. 11, p. 946-957.
- Wenk, C. 1993. What are the benefits of carboydrase in the nutrition of monogastric farm animals. In: Wenk, C.; Boessinger, M. (Eds.) *Enzymes in animal nutrition*. Kartause Ittingen, Switzerland.
- Ziegerhofer, J. 1988. Einfluss von Zinkoxid auf die enteropathogen E. coli von Absetzferkein im Feldversuch. *Wiener tiéärztliche Monatsschrift*, v. 52, p. 503-508.