

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y ALIMENTOS



Efecto de la fitasa en la suplementación de dietas para cerdos en pre-iniciación.

Por:

MARIA VICTORIA PADILLA JIMENEZ.

TESIS

Presentada como requisito parcial para

Obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Buнавista, Saltillo, Coahuila, México. Noviembre del 2006

UNIVERSIDAD AUTONAMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Departamento de Nutrición y Alimentos

**Efecto de la fitasa en la suplementación de dietas
para cerdos en pre-iniciación.**

POR:

MARIA VICTORIA PADILLA JIMENEZ.

TESIS

QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

APROBADO POR

ASESOR PRINCIPAL

Dr. RAMÓN F. GARCÍA CASTILLO

ASESOR

ASESOR

MC. CAMELIA CRUZ RODRÍGUEZ

LCN. LAURA M. LARA LÓPEZ

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN
DE CIENCIA ANIMAL

Dr. RAMÓN F. GARCÍA CASTILLO

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Noviembre del 2006.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.- INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO	2
HIPÓTESIS	2
II.- ANTECEDENTES	3
Evolución histórica de las enzimas	3
Aspectos Generales de la Fitasa	4
Acción de la fitasa	5
Efecto biológico de la fitasa	7
Especie porcina	7
Especie avícola.	8
Actividad de la fitasa	9
Características fisiológicas	9
Posibilidades de utilización en los piensos compuestos	9
III.- MATERIALES Y METODOS	12
Ubicación del área de trabajo	12
Animales experimentales	12
Manejo de los lechones	13
VARIABLES ESTUDIADAS.	14
Análisis de muestras	14
Relación de eficiencia proteica (REP)	15
Recolección de sangre y análisis.	15
Diseño experimental.	15
IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
Consumo de alimento.	16
Ganancia diaria de peso.	16
Relación de eficiencia proteica (REP).	17
Minerales (Calcio y fósforo) en suero sanguíneo.	18
Calcio	18
Fósforo.	18
V.- CONCLUSIÓN	19
VI. - LITERATURA CITADA	20
VII.- ANEXOS	26

ÍNDICE DE CUADRO

Cuadro No.		Pagina
3.1	Distribución de lechones (hembras y machos) por camada vientre asignadas a las respectivas repeticiones.....	13
3.2	Ingredientes utilizados en la dieta para lechones en la etapa de preiniciación suplementadas con fitasa.....	13
3.3	Análisis químico y contenido energético de dietas a base de sorgo y soya suplementadas con fitasa* para cerdos en etapa de pre-iniciación.....	14
4.1	Consumo de alimento, Ganancia diaria de peso y contenido de Ca y P sanguíneo en lechones alimentados con dietas a base de sorgo y soya suplementadas con fitasa.....	17

I.- INTRODUCCIÓN

Las dietas para la alimentación de cerdos en el periodo de preiniciación deben estar formuladas conteniendo alta disponibilidad de nutrimentos esenciales. En esta etapa el cerdo aún no tiene la producción de enzimas que puedan desdoblar los carbohidratos, proteína de los ingredientes de la dieta. A través de la leche materna el lechón obtiene los anticuerpos, vitaminas y minerales.

Ingredientes de uso común en la dieta para cerdos se considera básicamente al sorgo y/o maíz y la pasta de soya. Estos son productos de origen vegetal, por lo tanto tienen fitatos. Los fitatos interactúan con las cadenas radicales de las proteínas creando un complejo proteína-fitato; este complejo lo rompe la enzima fitasa. Las fitasas son enzimas que catalizan la defosforilación de los fitatos mediante el rompimiento de los enlaces químicos entre o dentro de las moléculas de fitatos, lo cual los convierte disponibles para ser utilizados por el animal (Maga, 1982). Además, el efecto de la fitasa en la disponibilidad del fósforo en sorgo, maíz y pasta de soya está documentada en la literatura (Cromwell *et al.*, 1995; Jongbloed *et al.*, 1996).

Sin embargo, la síntesis de fitasa en el tracto gastrointestinal de animales no rumiantes (Aves y Cerdos) es muy insignificante; es decir, ni microorganismos ni el tejido del animal produce cantidades suficientes de fitasa para hidrolizar los fitatos presentes en la dieta de los animales (Reddy *et al.*, 1989)

Por lo tanto, el uso de la fitasa en dietas para cerdos en la etapa de preiniciación puede mejorar el comportamiento de los lechones.

OBJETIVO

Evaluar el efecto de la fitasa en dietas para cerdos en la etapa de pre-iniciación a través de: Consumo de alimento, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia y contenido de calcio (Ca) y fósforo (P) en suero sanguíneo.

HIPÓTESIS

Ho: Cerdos en periodo de pre-iniciación alimentados con dietas conteniendo fitasa, no mejoran su comportamiento en consumo de alimento, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia y contenido de Ca y P en suero sanguíneo.

Ha: Cerdos en periodo de pre-iniciación alimentados con dietas conteniendo fitasa, mejoran su comportamiento en consumo de alimento, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia y contenido de Ca y P en suero sanguíneo.

II.- ANTECEDENTES

Evolución histórica de las enzimas

La acción de las enzimas se conoce desde hace milenios por su acción en numerosos procesos de producción y conservación de los alimentos, sin necesidad de tener conocimientos sobre su naturaleza y sus propiedades. En los murales egipcios, aparecen representados procesos tradicionales como la elaboración de bebidas alcohólicas y la fermentación de la masa (Bühler *et al.* 1998).

Las enzimas son de uso reciente en la alimentación animal, sobre todo en animales no rumiantes como cerdos y aves. Administradas con el alimento, las enzimas suelen catalizar en el tracto gastrointestinal (TGI) reacciones químicas que conducen a la degradación de nutrientes contenidos en el alimento (BASF, 1997/1998). Las enzimas son proteínas de estructura tridimensional sumamente complejas. Actúan sólo en condiciones muy concretas de temperatura, pH y humedad, y únicamente con sus sustratos específicos. Las enzimas son catalizadores biológicos muy eficaces, presentes en todo sistema biológico. Aceleran en el organismo diversas reacciones químicas que en condiciones normales sólo tendrían lugar muy lentamente o no se producirían en absoluto (Bühler *et al.* 1998). La denominación de una enzima se compone generalmente del nombre del sustrato que es desdoblado bajo la acción de la enzima, al cual se añade la terminación "-asa" (BASF, 1997/1998).

Entre las enzimas de uso reciente tenemos a la fitasa; esta se incluye de manera regular en la dieta para incrementar la disponibilidad de fósforo en los granos y en la pasta de soya. Existe en la literatura actual importante

revisión bibliográfica referente al uso y efecto de la fitasa en dietas para cerdos (Jongbloed *et al.* 2000).

Enzimas y complejos enzimáticos que se obtienen por vía técnica fermentativa, se utilizan esencialmente para lo siguiente:

- Aumento de la disponibilidad/convertibilidad de componentes alimenticios (Fitasa para el desdoblamiento de fitato, amilasa para el desdoblamiento de almidón, etc.) (BASF, 1997/1998).

La fitasa microbiana se encuentra disponible en el mercado. Esta se utiliza a gran escala en la alimentación animal desde 1991 (Kies *et al.* 1997). Anteriormente a esta fecha desde finales de los 1960's e inicios de los 1970's (Nelson *et al.* 1968) se demostró el efecto benéfico de la fitasa en la liberación del fósforo de los fitatos en pollos. Lo cual ha demostrado una mejor conversión de las sustancias minerales y una mejor conversión alimenticia, lo cual a su vez conduce a una reducción de la excreción de nutrientes (BASF, 1997/1998).

Aspectos Generales de la Fitasa

La fitasa es una enzima que cataliza la hidrólisis del ácido fítico para formar ésteres de fosfato inorgánico. El ácido fítico está presente de forma natural en las plantas (Bühler *et al.* 1998) donde constituyen las dos terceras partes del contenido total de fósforo.

La fitasa está presente en numerosos granos como; trigo, centeno y cebada; también diferentes microorganismos (hongos, levaduras, bacterias) como los microbios presentes en el rumen del animal rumiante, son capaces de producir fitasas. Como también, en la mucosa gastrointestinal se ha detectado actividad enzimática de desdoblamiento de fitatos (BASF, 1997/1998).

En las semillas de diversos vegetales (cereales, oleaginosas, etc.), aproximadamente los dos tercios del fósforo contenido están ligados bajo

forma de fósforo de fitina. Este enlace es considerado como forma principal de acumulación del fósforo en semillas. Desde el punto de vista químico, el fitato se compone mayormente de sales de calcio y magnesio del mio-inositolhexafosfato. Animales no rumiantes, como las aves y el cerdo, no pueden aprovechar el fósforo de fitina, o solamente lo hacen de una manera insuficiente, puesto que prácticamente les falta el equipo enzimático necesario para ello (BASF, 1997/1998). La acción de la fitasa microbiana en los cerdos y las aves de corral está ampliamente demostrada (Bühler *et al.* 1998). Así, la aplicación de fitasa en dietas para porcino y aves causa una mayor disponibilidad del P vegetal y también una disminución del nivel de suplementación de P inorgánico en la dieta (BASF, 1997/1998).

La aplicación de enzimas en alimentos para animales se hace con la finalidad de mejorar la digestibilidad de la dieta. La baja digestibilidad de algunas dietas es por lo regular el resultado de la falta de enzimas del animal, que puedan extraer los nutrientes de los complejos dentro del ingrediente alimenticio. Los no rumiantes carecen de la capacidad para hidrolizar los carbohidratos de este tipo; por lo que, cuando se adicionan las enzimas necesarias los componentes monosacáridos producto de su hidrólisis, se pueden absorber y utilizar algunos de los nutrientes atrapados. En cerdos y aves jóvenes cuando el sistema enzimático aún no se desarrolla completamente, hay deficiencia de algunas enzimas. (Stahl *et al.*, 1998).

Acción de la fitasa

A partir de estudios realizados y publicados por diferentes investigadores (Jongbloed, *et al* 1990; Johnston y Southern, 2000; Murry *et al.* 1997; Yi *et al.* 1996), la adición de fitasa microbiana permite aumentar en 25 ó 15 puntos porcentuales la digestibilidad o la disponibilidad del fósforo contenido en los alimentos vegetales. Tanto en los cerdos como en las aves de corral, se comprobó que la adición de 500 unidades de actividad fitásica microbiana al alimento puede sustituir 1,15 g de fósforo del fosfato bicálcico ó 1,0 g de fósforo del fosfato monocálcico con efectos equivalentes (Bühler *et al.* 1998).

El período de acción de la fitasa *in vivo* corresponde al período de permanencia del alimento desde la ingestión hasta el final del intestino delgado. Aunque también en el intestino grueso tiene lugar una hidrólisis más por los microbios allí presentes. La liberación hasta el final del intestino delgado (íleon terminal) es la decisiva para el abastecimiento en P del cerdo, puesto que el fósforo solamente es absorbido en el intestino delgado (Jongbloed, 1987). Además, en el contenido del íleon de lechones ya no se puede detectar actividad de fitasa alguna (en alimentación con una dieta de maíz y soja con un suplemento de fitasa de 1500 U/kg; (Jongbloed, et al., 1992). La mayor parte de la hidrólisis de la fitasa parece desarrollarse durante la digestión en el estómago, (Schulz y Oslage 1972). Según (Simons, *et al.* 1990), inmediatamente después del estómago ya se ha hidrolizado el 70 % del fitato. La permanencia relativamente prolongada parece indicar que el estómago es el órgano efector decisivo, dado que la vida media de la digesta en el estómago asciende aproximadamente a 1 hora e igualmente el valor pH del contenido del estómago, que se sitúa en el ámbito del óptimo de pH bajo de la fitasa. La cantidad de alimento y la frecuencia de alimentación no ejercen influencia alguna sobre la efectividad de la fitasa (Jongbloed, 1992).

La adición de fitasa condujo a mejoras significativas de aumento de la masa en vivo, del consumo en alimento, de la conversión alimenticia y de la digestibilidad de P. El incremento del aumento de la masa en vivo mediante suplementos de P o de fitasa se explicó en parte por el aumento de la cantidad de alimento ingerida - puesto que los cerdos reaccionan con pérdida de apetito a la alimentación deficitaria en P (Weigand y Kirchgessner, 1987) y en parte por la mejora de la conversión alimenticia. En total se comprobaron los rendimientos significativamente mejores bajo la suplementación de fitasa, aunque el contenido calculado de P digerible se situó entre ambos suplementos. Por lo tanto, el efecto de la fitasa no se debía exclusivamente al hecho de que aportaba P para la absorción adicional.

Efecto biológico de la fitasa

Especie porcina

En el lechón y el cerdo de engorde es posible comprobar efectos manifiestos después de la aplicación de fitasa microbiana. En cerdos de engorde y lechones, la digestibilidad aparente del fósforo de raciones puramente vegetales aumentó de 20 a 25 puntos mediante la adición de 1000 FTU de fitasa microbiana/Kg de alimento. Suplementos más elevados ya no condujeron a un aumento adicional de la digestibilidad del fósforo en el lechón de 25 Kg de peso y en el pollo de engorde. Grandhi, (2000) utilizó 144 cerdos (72 machos castrados y 72 hembras) y suplementó fitasa (Novo Nordisk, denmark) a 500 UTF kg⁻¹, en dietas a base de grano de cebada entera y grano de cebada sin cascarilla. La ganancia de peso durante el periodo de crecimiento y finalización y en todo el periodo no fue diferente ($P \geq 0.10$) entre las dietas a base de grano de cebada entera y grano de cebada sin cascarilla. Sin embargo, la dieta conteniendo cascarilla de cebada la eficiencia alimenticia (Ganancia / consumo) fue mejor ($P \leq 0.01$). Thacker *et al.* (1988) y Grandhi, (1998) reportan similar comportamiento en eficiencia alimenticia en cerdos alimentados con cascarilla de cebada comparada con grano de cebada entera.

El efecto de Natuphos es especialmente pronunciado en el alimento líquido de cerdos de engorda, puesto que la fitasa ya puede liberar fósforo de fitina durante el proceso de mezclado. En un alimento harinoso con 1000 FTU/Kg se había liberado 1 y/o 2 horas después del mezclado con agua en una relación del 1:3, aproximadamente del 30 al 60 % del fósforo ligado al fitato. También la digestibilidad y convertibilidad del Ca y de los oligoelementos son influidas positivamente por el suplemento de fitasa, tanto en el porcino como en las aves. De este modo, mediante la aplicación de fitasa también se puede reducir el contenido en Ca del alimento (Basf, 1997/1998).

Especie avícola.

En numerosos ensayos de dosis/efecto en el broiler fue posible comprobar una influencia positiva del suplemento de fitina sobre el desarrollo de la masa en vivo y la convertibilidad de fósforo y calcio. Así fue posible ejercer una influencia manifiestamente positiva sobre el aumento del peso en vivo y sobre la acumulación de fósforo y calcio, mediante suplementos de fósforo inorgánico e igualmente de fitina (200, 400 y 800 FTU/Kg) a una ración de maíz/soya con un contenido en P básico del 0,35 % - de los cuales un 0,23% de fósforo de fitina - en broilers durante el periodo de ensayo de 15 días. Hasta ahora no se observaron diferencias específicas de la ración en el efecto de la fitasa. Contenidos de actividad de fitasa de más de 800 - 1000 FTU/Kg de alimento solamente condujeron en los ensayos realizados hasta ahora con contenidos de P de fitina del 0.20 al 0.30 % en la ración, a un aumento adicional mínimo o nulo de la disponibilidad del fósforo (BASF, 1997/1998).

La aplicación de enzimas en alimentos para animales se hace con la finalidad de: mejorar la digestibilidad total de la dieta. La baja digestibilidad de algunas materias primas es por lo regular el resultado de la falta de enzimas endógenas del animal para extraer los nutrientes de los complejos dentro del ingrediente alimenticio. De manera general, los no rumiantes carecen de la capacidad endógena para hidrolizar los carbohidratos de este tipo por lo que cuando se adicionan las enzimas necesarias los componentes monosacáridos producto de su hidrólisis, se pueden absorber y utilizar; al complementar la adición de las enzimas endógenas producidas por el animal. En cerdos y aves jóvenes cuando el sistema enzimático aún no se desarrolla completamente, hay deficiencia de algunas enzimas.

Liberan algunos de los nutrientes atrapados, como azúcares simples y lisina; para reducir el impacto contaminante de las heces de los animales en el ambiente. El contenido de fosfatos en las heces de algunos animales tiene un potencial muy elevado como contaminantes (Stahl *et al.*, 1998).

Actividad de la fitasa

Características fisiológicas

Las diferencias anatómo-fisiológicas de los cerdos con respecto a las aves influyen también en la hidrólisis y absorción del fósforo fítico, así como en la actividad de las fitasas. El mayor tiempo de permanencia del alimento en el estómago en el cerdo y su bajo pH permiten una mejor efectividad de la actividad fitásica y, por ende, una mayor digestibilidad del fósforo. Se ha comprobado que un 40-50% de la actividad de las fitasas añadidas a la dieta de cerdos se detecta en el estómago, mientras que en la parte superior del intestino delgado sólo se encuentra un 16-30% (Yi y Kornegay, 1996). Se duda de la influencia que puedan ejercer la edad y el estado fisiológico del cerdo sobre la eficacia de las fitasas exógenas (Kornegay *et al.*, 1998). Mientras en las aves parece existir una mayor eficacia en las adultas (ponedoras > broilers), los resultados en cerdos son más confusos. Mientras (Kempe *et al.*, 1997) indican que la efectividad de las fitasas microbianas se ve afectada por el estado fisiológico (cerdas lactantes > cerdos crecimiento-cebo > cerdas final gestación > lechones > cerdas mitad gestación), otros investigadores no han hallado diferencias en cerdos en crecimiento ni en lechones (Harper *et al.*, 1997); (Rodehutschord, 1993).

La fitasa mejoró la absorción aparente de P, Ca y Zn y sus retenciones, independientemente del contenido en Ca. Aunque contenidos crecientes en Ca condujeron a una depresión de la digestibilidad de P, también causaron una mejor retención de P hasta la concentración de 7 g de Ca/kg. De ahí se desprende que respecto a la cuestión del efecto de Ca no es útil considerar únicamente la absorción de P.

Posibilidades de utilización en los piensos compuestos

Según la especie animal, el objetivo de su cría y la cantidad de fósforo que se pretende sustituir, se añaden hasta 600 unidades de actividad fitásica por cada kilogramo de pienso completo.

“Cuanto mayor es el contenido de calcio en los piensos, menor es la acción de la fitasa en las dietas pobres en fósforo, pero no en las raciones habitualmente utilizadas en la práctica. No obstante, en lo posible, no se debe sobrepasar el 0,9% de calcio en los piensos de los pollos de engorde. En la optimización de los piensos para lechones, cerdos de engorde y marranas, se recomienda añadir calcio en proporción al fósforo. Según los estudios realizados hasta el presente, la edad no influye en la eficacia de la fitasa.” (Bühler *et al.* 1998).

En investigaciones anteriores (Cromwell, 1989), los Países Bajos han demostrado que no se puede partir de una absorbibilidad del fósforo de fitato válida para todos los alimentos. Jongbloed (1987) calculó en una evaluación de resultados publicados realizados con cerdos la digestibilidad del fósforo total y de fitato de alimentos individuales y balanceados. Para el cálculo partió de que el P no de fitato era absorbido en un 80 %, y que la pérdida de P endógena ascendía a 5 mg/kg de peso corporal. Este tipo de cálculo fue un intento de acercarse a la digestibilidad real del P.

La adición de fitasa microbiana permite mejorar también notablemente la liberación de fósforo del ácido fítico y reducir de modo considerable los aditivos minerales en los piensos para gallinas ponedoras. En estas aves, la fitasa microbiana es aún más eficaz que en los pollos de engorde y en los cerdos. La acción de la fitasa en la escisión del fitato, contrariamente a lo que se creía, parece ser mucho más independiente del contenido de calcio en el pienso. Cuanto mayor es el contenido de calcio en los piensos, menor suele ser la digestibilidad del fósforo. No obstante, la mejoría que produce la fitasa microbiana en la digestibilidad del fósforo depende mucho menos del contenido de calcio. (Bühler *et al.* 1998).

Mroz *et al.* (1992) infundieron fitasa en el duodeno de cerdos para examinar el efecto sobre la digestibilidad aparente del fósforo después del estómago. La fitasa fue infundida lentamente durante aprox. 5 minutos y 10 minutos después de la ingestión de la ración. La infusión condujo a un incremento de la degradación del ácido fítico en el íleon en un 6 a 8 %. El resultado demuestra que la fitasa también puede ser eficaz en el intestino delgado *in vivo*, pero no permite evaluaciones de la intensidad de la acción. Para este fin, la solución de fitasa debería ser infundida continuamente.

Según el grado de cobertura, se pudo comprobar también (sobre todo en estudios con cerdos) la influencia positiva de la fitasa microbiana en la tasa de absorción de otros macro-elementos (p. ej.: calcio, magnesio) u oligoelementos (p. ej.: cinc). Por ello, al añadir fitasa microbiana al pienso, además de disminuir el contenido de fósforo, sería conveniente verificar también el grado de enriquecimiento con otros macro-elementos y oligoelementos.

Los estudios iniciales efectuados con cerdos demuestran que la fitasa microbiana puede mejorar también la digestibilidad de las proteínas y los aminoácidos. Estos datos son, sin embargo, insuficientes para hacer recomendaciones en este sentido sobre la utilización de fitasas en nutrición animal (Bühler *et al.* 1998).

En investigaciones efectuadas hasta ahora fueron realizados en lechones y cerdos en crecimiento, con dietas a base de triturado de extracción de maíz y soya. Esta dieta contiene una actividad de fitasa vegetal mínima, por lo cual es especialmente adecuada para la investigación de la fitasa (Simons *et al.* 1989). De igual manera, Pallauf *et al.* (1992) examinaron en un ensayo de digestión en lechones la influencia de fitasa sobre la absorción aparente de fósforo y calcio con una alimentación basada en una dieta de maíz y soya.

III.- MATERIALES Y METODOS

Ubicación del área de trabajo

El presente trabajo de campo se llevó a cabo en las instalaciones de la Unidad Porcina de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, los análisis del alimento y determinación químicas del Ca y P respectivamente en el Laboratorio de Nutrición y Alimentos y Laboratorio de Reproducción, en Buenavista, Saltillo, Coahuila, a 7 Km. al sur de la Ciudad de Saltillo, por la carretera Saltillo-Zacatecas. La localización geográfica es 25° 22' 44" Latitud Norte y 100° 00' 00" Longitud Oeste, con una altura de 1770 msnm. El clima de la región es BSo kx' (e) que se caracteriza por ser seco o árido, el más seco de los BS, con régimen de lluvias entre el verano e invierno, Precipitación media anual de 303.9 mm y temperatura media anual de 17.7 ° C (García, 1973).

Animales experimentales

El experimento tuvo una duración de 19 días (del 11 de Febrero al 2 de Marzo del 2006). Se utilizaron 58 animales (27 hembras y 31 machos) de ocho hembras vientre en etapa de preiniciación, todos de craza tipo comercial (Yorkshire, Hampshire, Duroc y Landrace) con peso vivo inicial promedio de 4.950 Kg y 24 días de edad, los cuales fueron distribuidos en 8 corraletas de concreto (bloqueando por misma camada con la madre) equipadas con comederos y bebederos automáticos (**Cuadro 3.1**).

Cuadro 3.1. - Distribución de lechones (hembras y machos) por camada vientre asignadas a las respectivas repeticiones.

T1 Testigo			T2 Con fitasa*		
Rep.	Hembras	Machos	Rep.	Hembras	Machos
R1	6	3	R1	4	5
R2	2	3	R2	3	2
R3	1	5	R3	3	4
R4	3	3	R4	5	6

* Natufos® de Basf Mexicana 5000 G FTU (100g /Ton de alimento)

Manejo de los lechones

Los animales se pesaron individualmente al inicio y al finalizar la investigación. Esta práctica se realizó siempre a la misma hora (08:00 a. m.), en ayuna y en el mismo orden. La ganancia diaria de peso se calculó considerando la diferencia entre el peso final y el peso inicial dividido entre los días de prueba. El alimento fue ofrecido a libre acceso y el consumo de materia seca se obtuvo de la diferencia entre la cantidad de MS del alimento ofrecido y la cantidad de MS del alimento rechazado. Se utilizó como ingredientes dietas a base de sorgo y pasta de soya (**Cuadro 3.2**).

Cuadro 3.2.- Ingredientes utilizados en la dieta para lechones en la etapa de preiniciación suplementadas con fitasa*

Ingredientes	Kilogramos
Sorgo molido	465.0
Pasta de soya	258.0
Melaza	20.0
Sustituto de leche	100.0
Premezcla de vitaminas	3.3
Premezcla de minerales	6.7
Vitaminas, AA´s, Minerales-200	80.0
Fosfato dicálcico	17.0
Concentrado de proteína de suero	50.0
Total	1000.0

*Fitasa = Natufos® 5000 G (**100 g por tonelada**) de Basf Mexicana S. A. de C. V.

Variables estudiadas.

Consumo de alimento.

Incremento de peso.

Relación de eficiencia Proteica (REP).

Contenido de Ca y P en suero sanguíneo.

Análisis de muestras

La ración base fue analizada para determinar su composición química (**Cuadro 3.3**). Muestras de las raciones ofrecidas fueron obtenidas, para su posterior análisis, las muestras fueron secadas en una estufa a 60° C y molidas a través de una malla de 1mm en un molino de marca Wiley. Las muestras fueron analizadas para determinar materia seca (MS) a 105° C, humedad y extracto etéreo (EE). El contenido de proteína cruda (PC) fue analizado según el procedimiento Kjeldahl, % N x 6.25 (AOAC, 1997). Los contenidos de energía metabolizable se estimaron de acuerdo a (Crampton y Harris, 1969); calcio y fósforo, fueron estimados en base a valores reportados en las tablas de composición de alimentos (NRC, 1998).

Cuadro 3.3.- Análisis químico y contenido energético de dietas a base de sorgo y soya suplementadas con fitasa* para cerdos en etapa de pre-iniciación.

Determinación	Contenido
Proteína cruda	26.90
Grasas	3.80
Fibra cruda	1.50
Cenizas	11.8
Extracto libre de nitrógeno	55.90
NDT	78.44
ED Mcal/kg MS	3.459
EM Mcal/kg MS	3.320

Fitasa = Natufos® 5000 G de Basf Mexicana S. A. de C. V.

NDT = Nutrientes digestibles totales; ED = Energía Digestible; EM = Energía metabolizable; Mcal/kg MS = Megacalorías por kilogramo de materia seca.

Cálculo de NDT Y EM (Cramton y Harris, 1969)

Relación de eficiencia proteica (REP)

Al aplicar la siguiente ecuación se obtienen resultados de la relación de eficiencia proteica. Este parámetro considera la ganancia de peso como indicativa de la retención de nitrógeno, o sea que mide el peso ganado por cada unidad de proteína consumida (Shimada, 2003).

$$REP = \frac{\textit{peso ganado}}{(\textit{consumo})(\% \textit{ de proteina})}$$

Recolección de sangre y análisis.

Las muestras de sangre fueron adquiridas de la vena yugular o de la carótida. Al finalizar el experimento, se escogieron al azar tres animales por cada repetición para recolectar aproximadamente 8 ml de sangre por cada animal, procedimiento realizado con agujas marca vacutainer de 21G 1 ½ 4J002 en tubos de vidrio al vacío. Las muestras de sangre fueron llevadas al laboratorio, se centrifugaron a 2000 rpm por 15 minutos, se separó el suero del paquete globular sanguíneo y se congeló a -20° C, para su posterior análisis químico de acuerdo a cada estudio. Se analizó para determinar calcio de acuerdo al método de espectrofotómetro de absorción atómica descrito por Fiske, (1925) la determinación del P se realizó de acuerdo al método de colorimetría descrito por Sigma, (1990).

Diseño experimental.

Para las variables consumo de alimento, incremento de peso, conversión alimenticia y relación de eficiencia proteica (REP); así como la determinación del contenido de Ca y P en suero sanguíneo; se utilizó un diseño completamente al azar para dos tratamientos: Sin fitasa (SF) y con fitasa (CF) con 4 repeticiones por cada tratamiento, considerando a cada repetición como una unidad experimental (Steel y Torrie, 1988).

IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo al procedimiento seguido y a lo obtenido en el presente trabajo, se presentan los siguientes resultados.

Consumo de alimento.

El consumo de materia seca fue similar entre los tratamientos (**Cuadro 4.1**). Al realizar el análisis estadístico, no se observó diferencia significativa ($P \geq 0.05$). La adición de fitasa (100 g/ton) no mejoró el consumo de alimento. Sin embargo, numéricamente se observó un ligero mayor consumo de alimento (15 g) en los lechones que recibieron la dieta de preiniciación suplementada con fitasa. Cabe mencionar que la evaluación del consumo de alimento, se realizó a partir del día 24 de edad hasta el destete (día 43) de los lechones; considerando 19 días como período de experimentación, ya que los lechones se encontraban en la etapa de lactación. Del nacimiento al día 24 de edad, los lechones solo recibían leche materna. Los consumos encontrados en esta investigación son menores a los recomendados por el NRC, (1998). Ellos consideran 0.375 kg promedio por día para lechones de 3.0 hasta 10.0 kg PV. Lizardo *et al.* (S/F) no encontraron efecto en consumo de alimento en lechones de 0 a 14 días y 15 a 33 días posdestete con 4.6 kg de PV suplementados con 500 unidades de fitasa (FTU) por kg añadidas.

Ganancia diaria de peso.

El nivel de fitasa (100 g/ton) no mejoró ($P \geq 0.06$) la ganancia diaria de peso. Los animales que recibían la dieta suplementada con fitasa tuvieron menor incremento de peso con respecto a los animales que no recibían fitasa en la dieta (**Cuadro 4.1**). Los animales consumiendo dieta sin suplementar obtuvieron un 28 % más de ganancia de peso por día. El NRC, (1998) recomienda incrementos de peso para lechones en esta etapa de 0.225 kg. Para el caso de esta investigación, los lechones que recibieron la dieta sin suplementar y suplementada con fitasa tuvieron menores ganancias de peso

a las reportadas por este organismo. Lizardo *et al.* (S/F), alimentaron lechones de 0 a 14 días posdestete con dietas suplementadas con 500 unidades de fitasa (FTU) por kilogramo añadida, reportan diferencia en ganancia de peso entre el testigo (0.180 g) y el tratamiento (0.207 g) conteniendo fitasa. Sin embargo, como complemento a este trabajo de los 15 a 33 días posdestete no reportan diferencia entre los tratamientos.

Relación de eficiencia proteica (REP).

En esta variable tampoco se encontró diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre los tratamientos (**Cuadro 4.1**). Los resultados analizados según el análisis estadístico la suplementación con fitasa no mejora la REP en los cerdos. Los valores de la REP de los animales suplementados con la fitasa, numéricamente fueron mejores un 17.5 %. Sin embargo, los valores encontrados en ambos tratamientos se pueden considerar magníficos. Cabe mencionar que quizás esta situación se debió a que solo se evaluó de acuerdo al consumo de proteína del alimento sólido ofrecido. No se consideró el alimento obtenido de la madre (leche). Además, con este método es que parte de la suposición que la ganancia de peso se debe exclusivamente al aporte proteico del alimento, lo cual no necesariamente es cierto. Por otra parte, no toman en cuenta la proteína necesaria para el mantenimiento

Cuadro 4.1 - Consumo de alimento, Ganancia diaria de peso y relación de eficiencia proteica (REP), contenido de Ca y P en lechones alimentados con dietas a base de sorgo y soya suplementadas con fitasa.

Variables	SF	CF	EE	P>F
Consumo alimento (kg)	0.133	0.148	0.038	0.783
Ganancia diaria de peso (kg)	0.200	0.156	0.014	0.061
REP	3.214	3.775	0.192	0.083
Calcio mg/dL	15.26	13.12	0.578	0.039
Fósforo mg/dL	0.743	0.878	0.119	0.544

Valores normales; Ca = 9.3 a 11.5 mg/dL; P = 5.5 a 9.3 mg/dL (Manual Merck de Veterinaria, 1993)

Minerales (Calcio y fósforo) en suero sanguíneo.

Calcio

En esta variable se encontró diferencia significativa ($P \leq 0.05$); entre los tratamientos. Los resultados encontrados son mejores en los animales que no se les suplementó la fitasa (**Cuadro 4.1**).

Fósforo.

En esta variable se encontró diferencia significativa ($P \leq 0.05$); entre los tratamientos ya que los resultados, según el análisis estadístico, fueron similares entre tratamientos.

Información sobre el uso de la fitasa en lechones, presentan diferentes situaciones que es necesario comentar. La incorporación de fitasa en la dieta permite mejorar la retención del P en un 50% y disminuir la excreción en un 42% (Lei *et al.*, 1993). Sin embargo, otros investigadores reportan que el aumento del nivel de calcio de la dieta puede disminuir la digestibilidad del P-fítico (Sandberg *et al.*, 1993), reduce la absorción y la concentración plasmática del P y por lo tanto, disminuye los resultados en comportamiento del crecimiento (Lei *et al.*, 1994). Esta condición quizás sea a efecto del ácido fítico que fácilmente queda con los minerales divalentes como (Zn, Fe, Mn, Ca, y Mg), reduciendo su biodisponibilidad (Maenz *et al.*, 1999) (**Cuadro 4.1**).

V.- CONCLUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo, el consumo de alimento, la ganancia de peso, la REP no fueron afectados por la suplementación de fitasa en la dieta de lechones en lactación. Quizás la dieta líquida recibida vía materna óptima en Ca y P influyó en este comportamiento.

El contenido de P en suero sanguíneo no fue afectado por la suplementación de la fitasa. Quizás el aumento del nivel de calcio de la dieta haya disminuido la digestibilidad del P-fítico contenido en la soya y el sorgo de la dieta y la concentración plasmática del P y por lo tanto, esta condición puede disminuir disminuye el crecimiento. La concentración del Ca en suero sanguíneo, disminuyó en los animales suplementados con fitasa. Esta condición quizás se debió a que la fitasa no actúo y de esta manera el ácido fítico fácilmente queda con los minerales divalentes como (Zn, Fe, Mn, Ca, y Mg).

VI. - LITERATURA CITADA

AOAC. 1997. Official methods of analysis (16th Ed.). Association of Official Annalitycal Chemists, Arlington, VA., USA.

Basf. 1997/1998. Sobre el tema de los aditivos para la alimentación animal: Informaciones técnicas. Edición 97/98. Basf química fina. Tecnología y calidad para la alimentación animal. 106 p.

Bühler, M.; Limper, J.; Müller, A.; Schwarz, G.; Simon, O.; Sommer, M.; Spring, W. 1998. Las enzimas en la nutrición animal. Arbeitsgemeinschaft für, Wirkstoffe in der Tierernährunge.V. (AWT), Roonstraße 5, 53175 Bonn, Alemania.

Beers, S.; A.W. Jongbloed. 1991. The effect of supplementary *Aspergillus niger* phytase in diets for piglets on their performance and phosphorus digestibility. 44. Tagung der Ges. F. Ernährungsphysiologie in Gieben.

Copado, F.; M. Cervantes; M. Barrera; J. Yáñez; S. Espinoza; N. Torrentera. 2004. Adición de una fitasa a dietas sorgo-pasta de soya para cerdos en crecimiento. Memorias XXXII Reunión Anual, AMPA. Monterrey, NL., México. Pp. 239-244.

Cousins, B. 1999. Equilibrio del fósforo en operaciones porcícolas con la fitasa de natuphos. En: Temas de actualidad para la industria porcina. Editado por: MIDIA Relaciones S. A. de C. V. México DF, México. Pp. 127- 134

- Cromwell, G. L. 1989. An evaluation of the requirements and biological availability of calcium and phosphorus for swine. Teasgulf Nutr. Conf. May. 23.
- Cromwell, G. L., Coffey R. D., Monegue H. J., Randdolph J. H. 1995. Efficacy of low activity microbial phytase in improving the bioavailability of phosphorus in corn-soybean meal diets for pigs. J. Anim. Sci. 73, 449-456.
- Godoy, S.; Hernández, G.; Chicco, C.2002. Efecto de la suplementación de fitasa microbial en la utilización de fósforo fítico en pollos de engorda alimentados con dietas a base de maíz – soya. Revista Científica, Vol XII, Sup. 2:519-523 Pp.
- Grandhi, R. R. 2000. Effect of supplemental phytase and ideal dietary amino acid ratios in covered and hullless-barley-based diets on pig performance and excretion of phosphorus and nitrogen in manure. Canadian Journal of animal Science 80:115-124
- Harper, A. F., E. T. Kornegay y T. C. Schell, 1997. Phytase supplementation of low-phosphorus growing-finishing pig diets improves performance, phosphorus digestibility, and bone mineralization and reduces phosphorus excretion. J. Anim Sci. 75:3174-3186.
- Hoppe, P.P. 1992. Sinopsis de los efectos biológicos y de la importancia ecológica de la fitasa para el cerdo. 4º Foro: Alimentación Animal de la Basf. En: La utilización de Natuphos® en el ganado porcino y avícola. Investigación y práctica. Edición 30. Pp. 3-16.
- Hoppe, P.P.; F.J. Schöner; H. Wiesche; G. Schwarz. 1992. Vergleich von mikrobieller phytase und anorganischem Phosphat bei Ferkeln: Effekte aut die Leistungen, die Mineralstoff-Retention und den Mineralstoffgehalt der Phalanx I. Poster, 45. Tagung der GEH, Göttingen.

- Johnston, S. L.; Southern, L. L. 2000. The effect of varying mix uniformity (simulated) of phytase on growth performance, mineral retention, and bone mineralization in chicks. *Poult. Sci.* 79:1485-1490.
- Jongbloed, A. W. 1987. Phosphorus in the feeding of pigs. Effect of diet on the absorption of phosphorus by growing pigs. Thesis, IVVO, Lelystad.
- Jongbloed, A. W.; Morz, Z.; Kemme, P. A. 1992. The effect of supplementary *Aspergillus niger* phytase in diets for pigs on concentration and apparent digestibility of dry matter, total phosphorus, and phytic acid in different sections of the alimentary tract. *J. Anim. Sci.* 70:1159-1168.
- Jongbloed, A. W.; Kemme, P. A.; Morz, Z. 1996. Phytate in swine rations: Impact on nutrition and environmental. BASF Technical Symposium. Des Moines, IO. Pp 44-67.
- Jongbloed, A. W.; Kemme, P. A.; Morz, Z.; van Diepen, H. T. M. 2000. Efficacy, use and application of microbial phytase in pig production: a review. *Biotechnology in the Feed Industry, Proc. Alltech's 16th Annu. Symp.* T. P. Lyons, and K. A. Jacques, ed. Nottingham Univ. Press, Nottingham, UK. Pp 111-129.
- Kemme, P.A.; A.W. Jongbloed; Z. Mroz; A.C. Beynen. 1999. Digestibility of nutrients in growing-finishing pigs is affected by *Aspergillus niger* phytase, phytase, and lactic acid levels. 1. Apparent ileal digestibility of amino acids. *Livest. Prod. Sci.* 58:107-117
- Kemme, P. A., Jongbloed, A. W.; Mroz, Z.; Beynen, A. C. 1997. The efficacy of *Aspergillus niger* phytase in rendering phytate phosphorus available for absorption in pigs is influenced by pig physiological status. *J. Anim. Sci.* 75:2129-2138.

- Kies, A. K.; Van Hemert, K. H. F.; Selle, P. H.; Kemme, P. A. 1997. The protein effect of phytase. *Feed Compounder* (Dec):20-26.
- Kornegay, E. T., Radcliffe, J. S. y Zang, Z. 1998. BASF Tech. Symp., Carolina Swine Nutr. Conf., pp 125-155. Citados por: Kornegay, E.T., 1999.
- Lei, X. G., P. K. Ku, E. R. Miller, M. T. Yokoyama y D. E. Ullrey, 1994. Calcium level affects the efficacy of supplemental microbial phytase in corn-soybean meal diets of weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 72:139-143.
- Lizardo, R.; Torrallardona, D.; Brufau, J. S/F. El uso simultáneo de oxido de zinc y de fitasa en dietas bajas en fósforo disminuye el crecimiento y la salud de los lechones. En línea: [www.http://64.233.167.104/search?q=cache:pdSNqxBmXUJ](http://64.233.167.104/search?q=cache:pdSNqxBmXUJ). 29-09-06
- Maga, J. A. 1982. Phytate: its chemistry, occurrence, Food ineractions, nutritional significance, and methods of analysis. *J. Agr. Food Chem.* 30:1-9.
- Maenz, D. D., C. M. Engele-Schaan, R. W. Newkirk y H. L. Classen, 1999. The effects of minerals and mineral chelators on the formation of phytase-resistant and phytase-susceptible forms of phytic acid in solution and in a slurry of canola meal. *Anim. Feed Sci. Technol.* 81: 177-192.
- Murry, A. C.; Lewis, R. D. Amos,H. E. 1997. The effect of microbial phytase in a pearl millet-soybean meal diet on apparent digestibility and retention of nutrient, serum mineral concentration, and bone mineral density of nursery pigs. *J. Anim. Sci.* 75:1284-1291.
- Merck, & Co., Inc. 1993. El Manual Merck de Veterinaria, 4ª edición en español. Constituyentes bioquímicos del suero sanguíneo.

Publicado por OCEANO/CENTRUM, Barcelona, España. Pp. 1116-1117.

Mroz, Z.; Jongbloed, A. W.; Kemme, P. A. 1992. Intraduodenal infusion of microbial phytase to evaluate its effect on the concentration and apparent digestibility of phosphorus poteros to the stomach of pig. Report. No. 356, 2002 (IVVO-DLO).

Nelson, R. S.; Ferrara, L. W.; Storer, N. L. 1968. Phytate phophorus content of feed ingredients derieved from plants. Poult. Sci. 47:1372- 1380

NRC, 1998. Nutrient Requirements of Swine. Tenth Revised Edition. Nutrient Requirements of Domestic Animals. National Academy Press. Washington DC., USA. Pag.111-112

NRC, 1988. Nutrient Requirements of Swine. 9th Revised Edition. Nutrient Requirements of Domestic Animals. National Academy Press. Washington DC., USA. Pp. 50-51

Pallauf, J.; Höhler, D.; Rimbach, G.1992. Effekt einer Zulage an mikrobieller phytase zu einer Mais-Soya-Diät auf die scheinbare Absorption von Mg, Fe, Cu, Mn und Zn sowie auf Parameter des Zinkstatus beim Ferkel. J. Anim. Physiol. a, Anim. Nutr.; 67: 30-40.

Reddy, N. R., Pierson, M. D.; Sathe, S. K.; Salunkhe, D. K. 1989. Phytates in cereals and legumes. CRC Press, Boca Raton, Fl. 28: 1-92.

Rodehutscord, M. 1993. The effect of phytase availability of phosphorus in different ingredients in swine. Proc. BASF Technical Symposium, Raleigh, N. C. Pp. 32-45.

Sandberg A. F., Larsen T., Sandstrom B. 1993. High Dietary Calcium Level Decreases Colonic Phytate Degradation in Pigs Fed a Rapeseed Diet. J. Nutr., 123: 559-566.

- Schulz, E.; Oslage, H. J. 1972. Untersuchungen zur intestinalen Hydrolyse von Inositphosphorsaureester und zur Absorption von Phytinphosphor beim Schwein; 2. Mitteilung Untersuchungen zur Hydrolyse der Inositphosphorsaureester im Verdauungstrakt beim Schwein. Z. Tierphysiol., Tierernahg. U. Futtermittelkde. 30: 76-91.
- Simons, P. C. M.; Versteegh, H. A. J.; Jongbloed, A. W.; Kemme, P. A.; Slump, P.; Bos, K. D.; Wolters, M. G. E.; Beudeker, R. F.; Verschoor, G. J. 1990. Improvement of phosphorus availability by microbial phytase in broilers and pigs. Br. J. Nutr. 64: 525-535.
- Shimada, M.; A.2003. Nutricion animal. México Pp. 235
- Stahl, C. H., Y. M. Han, R. Roneker y X. G. Lei, 1998. Supplemental dietary phytase improves iron bioavailability to weanling pigs. J. Anim. Sci. 76:(Suppl.1):178(Abstr.).
- Thacker, P. A., Bell, J. M., Classen, H. L., Campbell, G. L. and Roosnagel, B. G. 1988. The nutritive value of hulless barley for swine. Anim. Feed Sci. Technol. 19:191-196.
- Yi, Z. y Kornegay, E. T. 1996. Sites of phytase activity in the gastrointestinal tract of young pigs. Anim. Feed Sci. Technol. 61: 361-368.
- Yi, Z.; Kornegay, Ravindran, E. T. V.; Lindemann, M. D.; Wilson, J. H. 1996. Effectiveness of Natuphos phytase in improving the bioavailabilities of phosphorous and other nutrients in soybean meal-based semipurified diets for young pigs. J. Anim. Sci. 74:1601-1611.
- Weigand, E.; Kirchgessner, M. 1987. Wachstum und Futtermittelverwertung von Aufzuchtferkeln bei unterschiedlicher mineralischer Ergänzung des Futters. Züchtungskunde, 59: 42-50.

VII.- ANEXOS

Anexo I: Análisis de varianza consumo de alimento

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento	1	0.000450	0.000450	0.0790	0.783
Error	6	0.034182	0.005697		
Total	7	0.034632			

C V =53.44 % E. E = 0.038

Anexo II: Análisis de varianza para incremento de peso.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento	1	0.003784	0.003784	5.1618	0.0612
Error	6	0.004399	0.000733		
Total	7	0.000183			

C V = 15.23 % E. E = 0.014

Anexo III: Análisis de varianza para relación de eficiencia proteica.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento	1	0.628311	0.628311	4.2641	0.083
Error	6	0.884102	0.147350		
Total	7	1.512413			

C V = 10.98% E. E = 0.192

Anexo IV: Análisis de varianza para calcio en sangre

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento	1	9.201782	9.201782	6.8627	0.039
Error	6	8.045044	1.340841		
Total	7	17.246826			

C V = 8.16 % E. E = 0.578

Anexo V: Análisis de varianza para fósforo en sangre

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento	1	0.036451	0.036451	0.6487	0.544
Error	6	0.337150	0.056192		
Total	7	0.373601			

C V = 29.27% E. E = 0.119