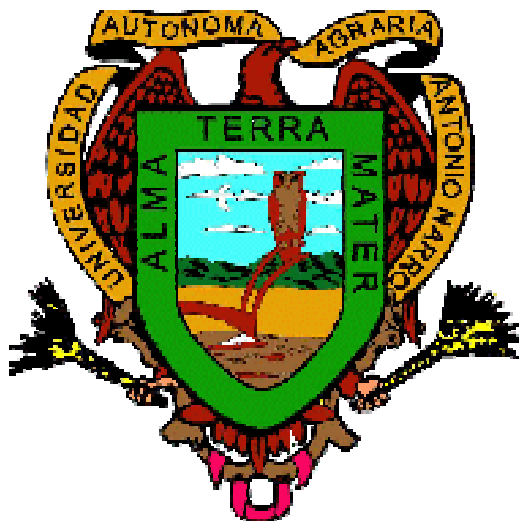


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL



ADICION DE FITASA EN DIETAS A BASE DE SORGO Y SOYA PARA CERDOS
EN CRECIMIENTO.

POR:

ERIKA GABRIELA CONTRERAS BOLAÑOS

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA

OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MEXICO

MARZO, 2010

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL

ADICION DE FITASA EN DIETAS A BASE DE SORGO Y SOYA PARA
CERDOS EN CRECIMIENTO.

POR:

ERIKA GABRIELA CONTRERAS BOLAÑOS

TESIS

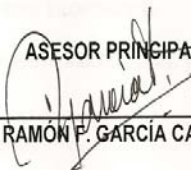
QUE SOMETE A CONSIDERACION DEL H. JURADO EXAMINADOR

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

APROBADO POR

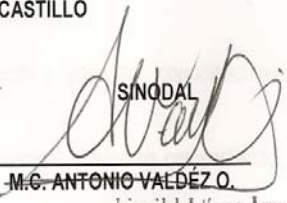
ASESOR PRINCIPAL


DR. RAMÓN F. GARCÍA CASTILLO

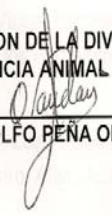
SINODAL


LIC. LAURA M. LARA LOPEZ

SINODAL


M.C. ANTONIO VALDÉZ O.

COORDINACION DE LA DIVISIÓN
DE CIENCIA ANIMAL


ING. JOSÉ RODOLFO PEÑA ORANDAY

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



COORDINACION DE
CIENCIA ANIMAL

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MEXICO MARZO, 2010

INDICE

CONTENIDO	Pág.
Agradecimientos.....	i
Dedicatorias.....	ii
Índice de cuadros.....	iii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo.....	2
Hipótesis.....	2
II. REVISION DE LITERATURA.....	3
Fosforo y su importancia.....	3
Importancia de la fitasa.....	3
Aspectos generales sobre la fitasa.....	4
Fitato-fitasa.....	5
Fosforo de fitato.....	6
Efectos de la fitasa sobre la disponibilidad de los nutrientes.....	7
Fosforo.....	7
Calcio.....	8
Hierro.....	9
Zinc.....	9
Cobre.....	9
Minerales traza.....	9
Proteínas y aminoácido.....	10
Grasa y ácidos grasos.....	12
Efectos farmacológicos del Acido Fítico en el organismo.....	12
Factores fisiológicos.....	12
Calcio y relación Ca/P.....	13

Vitamina D.....	13
Ácidos orgánicos.....	13
Procesamiento del alimento.....	14
III. MATERIALES Y METODOS.....	15
Ubicación del área de trabajo.....	15
Características de los animales.....	15
Distribución de animales y tratamientos.....	15
Raciones experimentales.....	16
Alojamiento y manejo de los animales.....	18
Análisis de muestra.....	19
Relación de Eficiencia Proteica (REP).....	19
Grasa dorsal.....	19
Diseño experimental.....	20
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	21
Consumo de alimento.....	21
Ganancia diaria de peso.....	22
Conversión alimenticia.....	22
Espesor de grasa dorsal.....	23
Relación de Eficiencia Proteica.....	24
Calcio.....	24
Fosforo.....	25
Relación Calcio/Fosforo.....	25
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	27
VI. LITERATURA CITADA.....	28
VII. RESUMEN.....	36

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág.
1. Fosforo digestible aparente en diferentes ingredientes alimenticios.....	7
2. Valor biológico relativo del fosforo en diferentes ingredientes.....	8
3. Valores de digestibilidad aparente (íleon) de proteína y aminoácidos (g/kg) para cerdos.....	11
4. Tratamientos y distribución de cerdos (hembra y machos castrados) en crecimiento alimentados con dietas suplementadas con fitasa.....	16
5. Raciones utilizadas en la alimentación de cerdos en crecimiento suplementadas con fitasa.....	17
6. Contenido químico y energético de raciones utilizadas en la alimentación de cerdos en crecimiento suplementadas con fitasa.....	18
7. Consumo de alimento(kg) en cerdos en crecimiento con dietas suplementadas con fitasa.....	21
8. Consumo de alimento, ganancia de peso, eficiencia alimenticia, relación de eficiencia proteica y espesor de grasa dorsal en cerdos en crecimiento alimentadas con fitasa.....	26
9. Niveles y relación de Calcio y Fosforo en suero sanguíneo de cerdos en crecimiento alimentados con dietas adicionadas con fitasa.....	26

AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, por darme el derecho a la vida, por ser la luz que ilumina mi sendero, por tener la dicha de pertenecer a la familia más maravillosa que existe sobre la tierra y por darme las fuerzas necesarias para hacer realidad uno de mis más anhelados sueños. “**Ser profesional**”.

A MI “ALMA MATER”

Por abrigarme en su lecho, por brindarme las facilidades necesarias para mi formación y por ser ella la institución quien me ha dado una carrera. Siempre te llevare en mi corazón. Por darme la oportunidad de realizar mis estudios profesionales y haberme alcanzado la meta propuesta, con gran cariño siempre la recordare y llevare en alto el nombre de la universidad.

A MIS PADRES

Pedro Contreras del Toro y Manuela Bolaños Rodríguez por todo su apoyo incondicional, por toda la comprensión que tuvieron hacia mi, por haberme dado la oportunidad de ser alguien mejor en la vida, por ser siempre mis guías que nunca me abandonan, por estar siempre conmigo en las buenas y en las malas gracias padres por todo su cariño y amor incondicional.

A mi hermana Emma por su apoyo incondicional, y a cada uno de mis hermanos, cuñadas, tíos y sobrinos.

Al Dr. Ramón F. García Castillo

Por guiarme en la elaboración de este proyecto y por sus conocimientos compartidos.

A mis compañeros de la generación CVIII que siempre estuvieron compartiendo sus locas aventuras y todo su gran conocimiento.

A Yorfe Araon, Eriberto, Ángeles y Víctor Manzano por su valiosa y sincera amistad, por haber estado siempre que los necesitaba, en las buenas y malas, por aceptarme tal y como soy.

A mis amigos: Rendy, Salome, Orlando, Luis, Celestino, Exal, José Alberto, Vicky, Cecí, Aldo, Carlos, Edilberto, Oliver, Pedro, Alan, Justino.

DEDICATORIAS

A mi madre, Sra. Manuela Bolaños Rodríguez.

A ti que eres la mejor mamá del mundo, por que has sabido darme el cariño y amor de madre que siempre necesite, por que en tu hogar has sido incansable, por que siempre has buscado con esmero lo mejor para tus hijos. Me llena de orgullo tener una mamá tan bondadosa como tu, que Dios te colme de bendiciones hoy y siempre.

A mi padre, Sr. Pedro Contreras del Toro.

A ti que has sido un padre ejemplar que te has esforzado por darme siempre lo mejor y que a pesar de las circunstancias has luchado contra todo para que salga adelante, por que con tus consejos tan rectos me has guiado por el camino del bien. Padre estoy orgulloso de ser tu hijo, que Dios te colme de bendiciones hoy y siempre.

I. INTRODUCCIÓN

Las raciones para el cerdo, se formulan principalmente con ingredientes basadas en sorgo (*Sorghum vulgare*) y pasta de soya (*Glycine max*), y en menor porcentaje elaboradas con trigo-pasta de soya. Los cereales maíz (*Zea mayz*); sorgo; y trigo (*Triticum aestivum*) contienen niveles elevados de fitatos (Maga, 1982).

Los fitatos son un éster de ácido fosfórico e inositol denominado ácido fítico o ácido hexafosfórico de mio-inositol (Reddy *et al.* 1982). Los cuales se reconocen por su efecto anti-nutricional en animales no-rumiantes. El efecto de la fitasa en la disponibilidad del fósforo en maíz y pasta de soya está ampliamente documentada en la literatura (Cromwell *et al.* 1995). Aunque trabajos sobre comportamiento de cerdos suplementados con fitasa son escasos.

La utilización de productos y subproductos de diferentes orígenes se ha incrementado con el fin de lograr un mejor aprovechamiento de los nutrimentos, mejor calidad de canal, mejor conversión alimenticia, mayores incrementos de peso y por consecuencia ser más eficientes (Shimada, 2003). Una alternativa que ha tenido el hombre para aumentar la disponibilidad del fósforo vegetal, ha sido extraer de fuentes microbianas, enzimas que hidrolicen estos fitatos, ya que está comprobada la actividad de la enzima fitasa en diversos microorganismos (Phillippy, 1999). Además, el fósforo puede constituirse en una fuente costosa para la cría en aves y cerdos (Vallardi *et al.* 2002). El ácido fítico interactúa con fósforo y también forma complejos con otros minerales como el calcio, zinc, hierro y magnesio (Nahapetian y Bassiri, 1975; Reinhold *et al.* 1973) y con las proteínas en los granos.

OBJETIVO

El objetivo de este trabajo fue evaluar la adición de fitasa en raciones basadas en sorgo y pasta de soya para cerdos en crecimiento por medio de: consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia, Relación de Eficiencia Proteica (R. E. P.), espesor de grasa dorsal, contenido de calcio y fósforo en sangre.

HIPOTESIS

Ho: Cerdos en crecimiento alimentados con raciones suplementadas con fitasa no mejoran su comportamiento en ganancia de peso, consumo de alimento, eficiencia alimenticia. No disminuyen el espesor de la grasa dorsal, no mejoran la REP ni su contenido de Ca y P en suero sanguíneo.

H_a: Cerdos en crecimiento alimentados con raciones suplementadas con fitasa mejoran su comportamiento en ganancia de peso, consumo de alimento, eficiencia alimenticia. Disminuyen el espesor de la grasa dorsal, mejoran la REP y su contenido de Ca y P en suero sanguíneo.

II. REVISION DE LITERATURA

Fósforo y su importancia

El Fósforo (P) es un nutriente muy importante para la mayoría de los sistemas biológicos. Es un importante componente estructural de huesos, músculo y participa en el metabolismo de aminoácidos, grasas, e hidratos de carbono; como también en la degradación y síntesis de proteínas, membranas celulares, y tejidos. Se le requiere en muchos procesos bioquímicos responsables del crecimiento, la producción, la reproducción, la respuesta inmune, el mantenimiento y la reparación de la estructura ósea. Es componente esencial en los procesos y almacenamiento de energía. Interviene en la respiración aeróbica y anaeróbica, e iniciación de la señal neurológica y de transmisión (Auman, 2003).

De igual manera, el P detectado en el cuerpo del animal, constituye aproximadamente entre el 0,7% al 1,2% del peso; y dentro de este porcentaje de P detectado, aproximadamente se almacena el 80% en el esqueleto y el 20% en los tejidos del cuerpo y fluidos (Auman, 2003; McDowell, 1999).

Importancia de la fitasa

En México, la avicultura y la porcicultura tienen especial importancia, en el consumo nacional, además de ser fuentes de empleo para miles de mexicanos. Las principales zonas productoras se encuentran concentradas básicamente en los estados de Sonora, Jalisco, Guanajuato, Querétaro, Michoacán, Puebla y Yucatán.

El hecho de que el ácido fítico represente un compuesto potencial como fuente de fósforo para animales no rumiantes, y que el mismo se encuentra en forma no disponible, crea la necesidad de desarrollar estrategias para una mejor utilización del elemento en estas especies animales. Entre ellas se encuentra la incorporación de fitasas exógenas, cuya importancia radica, en la eliminación del efecto anti nutricional del ácido fítico. De igual manera, mejorar la utilización del fósforo

presente como fitatos, disminuyendo la incorporación de fuentes inorgánicas, y en consecuencia la reducción de la contaminación ambiental (Maga, 1982).

El ácido fítico (AF) se presenta como uno de los principales problemas en la alimentación a base de ingredientes de origen vegetal, cuando este tipo de alimento es dado a consumir a animales no rumiantes. Es por ello, que en la nutrición animal como en el contexto humano, se consideran dos aspectos del AF como extremadamente importantes:

- En los animales que presentan un estómago simple “no rumiantes”, como es el caso de cerdos, aves, y así como los humanos; virtualmente falta la actividad de enzimas degradantes de las formas en que se presenta el AF en sus tractos digestivos (fitasas). Esto se produce ya que estos tipos de animales presentan una actividad fitasa muy reducida en sus tractos gastrointestinales (Cromwell y Coffey, 1991); lo que provoca que la baja biodisponibilidad de P presente en ingredientes de origen vegetal, sea un problema a nivel de este tipo de alimentación (Tomschy *et al.* 2000). En cambio los rumiantes, que se caracterizan por tener un estómago con varios compartimientos, si son capaces de digerir los fitatos producto de la actividad microbiana presente en el rumen (Van Soest, 1994).
- El AF se presenta como un factor antinutricional, ya que forma los complejos con las proteínas y una variedad de iones metálicos, y por consiguiente disminuye la disponibilidad de éstos nutrimentos (Reddy *et al.* 1982).

ASPECTOS GENERALES SOBRE FITASA

Las fitasas son enzimas que pertenecen a una subfamilia de las fosfatasas. Las fosfatasas son un conjunto diferenciado de enzimas que se clasifican en fosfatasas alcalinas, fosfatasas ácidas de alto y bajo peso molecular y fosfatasas-proteína (Vincent *et al.* 1992). Estas enzimas difieren en sus pH óptimos, requerimientos de iones metálicos, especificidad por los substratos y, posiblemente por los mecanismos de reacción.

Las fitasas son enzimas capaces de hidrolizar el ácido fítico (AF), presente en los vegetales, produciendo ortofosfato inorgánico y myo-inositol libre. Las fitasas exógenas han sido encontradas en microorganismos como hongos (*Saccharomyces cerevisiae*, *Aspergillus spp*), levaduras y bacterias (*Bacillus subtilis*, *Pseudomonas spp*) (Wallace y Newbold, 1993). Por la composición y estructura que tiene la molécula del AF. Esta molécula se caracteriza por poseer un alto contenido en fósforo, aproximadamente 28.2%. Encontrándose el AF en la mayoría de las plantas en una gran proporción de fósforo (P) de alrededor del (80%) en forma de fitato (Brenes *et al.* 2002); acumulándose fundamentalmente en la semilla y encontrándose los porcentajes más alto en los cereales (Sugiura *et al.* 1999)

La actividad fitásica dentro de las distintas partes del grano y entre los diferentes granos varía considerablemente según la especie vegetal que se trate (Pointillart, 1994). Las fitasas de origen vegetal se encuentran preferentemente localizadas en las envolturas del grano, aunque también se hallan presentes en el endospermo. Por esta razón, los subproductos de molinería (salvados) exhiben altos niveles de actividad fitásica (Pointillart, 1994). Las fitasas microbianas se encuentran en numerosas bacterias, levaduras y hongos, pero son los "Aspergillus", género de los hongos ascomicetos, los más utilizados en la producción industrial de fitasas (Wallace y Newbold, 1993). Las fitasas de la flora microbiana del intestino grueso, aunque tienen actividad hidrolítica sobre los fitatos, no ejercen ningún efecto beneficioso para el animal porque el fósforo liberado no se absorbe y es totalmente excretado (NRC, 1998).

Fitato – Fitasa

Los dos tercios del fósforo contenido en los granos y forrajes están en forma de fitato, complejo que puede considerarse como un factor antinutricional ya que reduce la disponibilidad del fósforo así como la de los minerales, proteína y almidón de los granos y forrajes (Maga, 1982).

El ácido fítico y sus sales constituyen la principal forma de almacenamiento de fósforo en semillas de cereales y leguminosas, sin embargo, en esta forma el fósforo permanece no disponible para los animales no rumiantes debido a que estos no están provistos de suficiente actividad fitasa, capaz de liberar el grupo fosfato de la estructura del fitato. El ácido fítico, es un compuesto con actividad antinutricional (Martínez *et al.* 2002) dado su capacidad de formar complejos insolubles con minerales, proteínas y almidones, disminuyendo su disponibilidad bajo condiciones fisiológicas.

Es por ello que constituye prioridad de la investigación en la rama animal, buscar la forma eficiente de controlar este efecto antinutricional que contribuye cada día más al deterioro del medio ambiente y a su vez influye negativamente en la economía pecuaria.

Fósforo de fitato

En alimentos para animales, el fósforo está presente en formas de enlace inorgánicas y en enlaces orgánicos como fósforo de fitato y no de fitato. La cantidad que el cerdo puede aprovechar depende de la absorbibilidad del P. Los compuestos de P minerales utilizados actualmente poseen una elevada absorbibilidad de aproximadamente $80 \pm 10\%$. También el P no de fitato es considerado como fuente de P fácilmente absorbible. Contrariamente a lo expuesto, el fitato representa una fuente de P aprovechada de modo inferior y extraordinariamente variable (Yi *et al.* 1996). Ensayos de Cromwell y Coffey, (1991) y sobre todo de Jongbloed *et al.* (1992) en los Países Bajos han demostrado que no se puede partir de una absorbibilidad de fósforo de fitato válida para todos los animales.

Cuadro 1.- Fósforo digestible aparente en diferentes ingredientes alimenticios			
Ingredientes	P Total (%)	Dig. Aparente P fítico (%)	Dig. P (%)
Maíz	0.27	12	0.03
Sorgo	0.31	18	0.06
Cebada	0.34	28	0.10
Triticale	0.30	42	0.13
Trigo	.30	48	0.15
H. Soya, 44%	.61	30	0.18
H. carne y hueso	5.1	70	3.57
h. gluten de maíz	0.50	13	0.07
Gluten de maíz	0.80	30	0.24
Trigo salvadillo	0.85	30	0.26
Trigo salvado	1.15	30	0.35
Arroz salvado	1.50	14	0.21

Jongbloed, (1997)

Efecto de la fitasa sobre la disponibilidad de los nutrientes.

La mayor parte de los estudios realizados sobre la interacción entre el fitato y los minerales ponen de manifiesto la existencia de una relación inversa entre la absorción de estos micronutrientes y el AF (Martínez *et al.* 2002). Los efectos demostrados hasta el momento que el AF produce en la biodisponibilidad mineral, están presentes en los siguientes elementos:

Fósforo

En esta última década, son numerosas las pruebas experimentales que se han realizado con fitasas microbianas y vegetales para establecer su eficacia en la

mejora de la disponibilidad del fósforo y otros nutrientes en ingredientes vegetales con alto contenido en fósforo fítico. Los datos revisados por Kornegay *et al.* (1998) a partir de 52 experimentos con cerdos muestran una respuesta no lineal de la fitasa añadida sobre la digestibilidad del fósforo, siendo la magnitud de la respuesta por unidad de fitasa mucho más acentuada con niveles bajos de esta enzima (Kornegay, 1999)

Cuadro 2 .- Valor biológico relativo del fósforo en diferentes ingredientes			
Fuente	P total (%)	Disponibilidad biológica (%)	P biodisponible (%)
Maíz	0.27	14	0.04
Sorgo	0.31	20	0.06
Cebada	0.34	31	0.11
Triticale	0.30	46	0.14
Trigo	0.30	50	0.15
H. soya, 44%	0.61	33	0.20
H. canola	1.17	16	0.19
H. carne y hueso	5.10	76	3.88
H. gluten de maíz	0.50	15	0.08
Gluten de maíz	0.80	59	0.47
Trigo salvadillo	0.85	43	0.37
Trigo salvado	1.15	35	0.40
Arroz salvado	1.50	25	0.38

Cromwell *et al.* (1993); Jongbloed *et al.* (1993); Gueguen, (1996)

Calcio.

Estudios han indicado el efecto inhibitor del fitato sobre el Ca. El cual depende del grado de fosforilación del inositol. Así cuando la fosforilación es elevada (5 ó 6 fosfatos) la absorción del Ca y también del Zn es inhibida significativamente; sin embargo, a niveles menores de fosforilación este efecto no se observa (Lonnerdal *et al.* 1989).

Estudios realizados tanto *in vivo* como investigaciones *in vitro* sugieren que la adición de Ca reduce la hidrólisis del AF (Snider y Liebman, 1992). Esto es debido a elevadas concentraciones de Ca. El Ca a altas concentraciones impide la acción de las fitasas.

Hierro.

El ácido ascórbico no sólo facilita la solubilización del Fe, sino que además reduce el ión férrico a ferroso, que es más soluble, y forma complejos Fe-ascorbato; impidiendo por tanto su unión al AF, estos complejos Fe-ascorbato siguen siendo solubles en el intestino delgado.

Zinc.

Numerosas investigaciones en animales demuestran que el AF contenido en los alimentos reduce la biodisponibilidad del Zn. Las formas de AF que ejercen este efecto sobre el Zn serían los IP6 e IP5, mientras que los fitatos con menor grado de fosforilación ejercen un bajo o nulo efecto en la absorción del Zn. Indican que la presencia del Ca es de vital importancia en el efecto negativo del AF sobre el Zn, e indican que para la predicción de la utilización del Zn sería más adecuada la razón fitato-Ca/Zn (Adeola *et al.* 1995)

Cobre.

En relación a las interacciones entre el Cu y AF. Algunos estudios reportan que se produce un efecto inhibitorio, mientras otros indican que no se produce ningún efecto del AF sobre la absorción de Cu. El AF podría reforzar la absorción de Cu posiblemente por el hecho de la habilidad que tiene el AF de ligar Zn, neutralizando su capacidad de competir con Cu en los sitios de absorción intestinales (Champagne e Hinojosa, 1987).

Minerales traza.

La adición de 1350 U de fitasa/kg a una dieta a base de maíz-soja baja en P (0,3%) y Zn (30 mg/kg) mejora la biodisponibilidad del P y Zn al restablecer los valores

normales de crecimiento y los de Zn y fosfatasa alcalina en plasma (Lei et al. 1993). Adeola *et al.* (1995) señalan una mejora del crecimiento y de la retención de Zn, Cu, P y Ca cuando suplementan la dieta con 1500 U de fitasa/kg. Sin embargo, no se han logrado establecer valores de equivalencia de los minerales traza con respecto al nivel de fitasa en la dieta.

Proteína y aminoácidos

La literatura existente sobre el efecto de las fitasas sobre la digestibilidad de la proteína y los aminoácidos es más bien escasa. Se ha demostrado "in vitro" que de las fitasas quedan aminoácidos libres, especialmente lisina. La incubación de lisina en HCl con salvado de arroz, rico en fitatos, muestra que un 20% de esta lisina queda ligada a éstos. La adición de fitasa al medio de incubación libera el 50% de esta lisina quelada (Tomschy *et al.* 1997).

En pruebas experimentales "in vivo" se observó que la adición de fitasa mejora la digestibilidad aparente de la proteína y los aminoácidos. Jongbloed *et al.* (1996), en una revisión de la literatura que abarca 17 experimentos, señalan que el empleo de fitasa produce un promedio de mejora de 0,85 unidades porcentuales en la digestibilidad aparente total de la proteína. Con objeto de establecer una equivalencia entre unidades de fitasa y porcentaje de digestibilidad de proteína y aminoácidos, han revisado varios trabajos publicados (Mroz *et al.* 1994; Jongbloed *et al.* 1997). Los resultados recogidos en la Cuadro 3, a excepción del valor adjudicado a la isoleucina, constituyen la referencia de las recomendaciones de BASF para la utilización de Natuphos en la formulación de raciones para cerdos. Por último, Kornegay, (1999) estima que, mediante una reducción conservativa de la proteína bruta de 1,0 unidad porcentual (7,1% de reducción) y un valor de excreción de nitrógeno (incluido el N urinario) del 40% del consumo de N, la excreción de éste se puede reducir 7,1% cuando se añade 500 U/kg de fitasa a la dieta de cerdos.

Cuadro 3.- Valores de digestibilidad aparente (íleon) de proteína y aminoácidos (g/Kg) para cerdos		
Promedio ajustado para 500 U de Fitasa		
Nutrimiento	Promedio	Ajuste de seguridad.
Proteína bruta	4.819	3.000
Lisina	0.177	0.100
Metionina	0.046	0.040
Cistina	0.059	0.030
Metionina+cistina	0.105	0.070
Triptófano	0.023	0.020
Treonina	0.121	0.040
Valina	0.130	0.100
Isoleusina ²	0.206	0.082
Leucina	0.158	0.110
Fenilalanina	0.119	0.083
Histidina	0.065	0.045
Arginina	0.126	0.101

Mrotz *et al.* (1994), Jongbloed *et al.* (1997)

² El valor indicado para la Isoleucina en el Manual de Natuphos es de 0.05 g/Kg.

Grasa y ácidos grasos

Gebert *et al.* (1998) hallaron una reducción significativa en la digestibilidad pre cecal total de la grasa, y especialmente de los ácidos grasos insaturados, cuando se incluye fitasa en la dieta. También comprueban que la adición de vitamina E a la dieta suplementada con fitasa mejora la digestibilidad de los ácidos grasos. En un trabajo posterior (Gebert *et al.* 1999) confirman estos resultados y sugieren que la oxidación de los ácidos grasos, especialmente de los insaturados, se ve favorecida por los elementos traza minerales liberados por la fitasa. Por esta razón, recomiendan una suplementación extra de vitamina E cuando se incluya fitasa en la dieta.

Efectos farmacológicos del AF en el organismo.

Paradójicamente, el AF, a bajas dosis, presenta también efectos positivos sobre la salud de los organismos y estos efectos positivos también han sido descritos bibliográficamente. Estos efectos positivos han sido observados al trabajar a bajas concentraciones de AF, presentándose variados beneficios (Martínez *et al.* 2002), con lo que no deja ser importante nombrarlos.

Factores fisiológicos.

Las diferencias anatómicas y 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, 1999). Los resultados en cerdos son más confusos. 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).

Calcio y relación Ca/P

La respuesta a un nivel dado de fitasa exógena puede afectarse por la cantidad de calcio y/o la relación Ca/P, el nivel de fósforo y el nivel de fitato de la dieta (Lei *et al.* 1993; Kornegay y Qian, 1996). Una alta relación molar Ca/fitato en la dieta puede dar lugar a la formación de complejos Ca-fitatos muy insolubles en el medio intestinal. Se cree también que un exceso de calcio puede reducir la actividad enzimática al competir con las fitasas por su lugar preferente de acción (Kornegay, 1999). En estudios con cerdos, se obtiene una mayor respuesta a las fitasas (mejor utilización del fósforo) cuando la relación Ca total/P total se mantiene entre 1:1 y 1,1:1 (Qian *et al.* 1996). Niveles más altos de calcio reducen la absorción de fósforo y la utilización de los fitatos (Düngelhoef y Rodehutschord, 1995; Jongbloed *et al.* 1996).

Vitamina D

La vitamina D mejora la digestibilidad del fósforo en dietas bajas y altas en fosfatos, existiendo una dosis-respuesta lineal entre 0-3000 UI de vitamina D₃/kg. Como la vitamina D no altera la actividad fosfatásica de la mucosa intestinal en los cerdos, es probable que actúe indirectamente aumentando la absorción del calcio. Esto limita la formación de fosfato cálcico insoluble, disminuyendo así la cantidad de fósforo no disponible en el tramo posterior del intestino delgado (Pointillart, 1994). Lei *et al.* (1993b) señalan que un aumento en el nivel de vitamina D de la dieta (6600 UI/kg) palia parcialmente el efecto negativo que un nivel normal de calcio ejerce sobre la actividad fitásica, pero no produce mejora cuando el nivel de calcio es bajo.

Ácidos orgánicos

La acidificación de las dietas de lechones mediante el empleo de ácidos orgánicos y/o inorgánicos es un medio, entre otros, que se utiliza en la práctica para mejorar el crecimiento y reducir los trastornos digestivos (diarreas) que acontece después del destete de estos animales. Estos efectos pueden ser atribuidos a una reducción del

pH gástrico y del alimento, un aumento en la digestibilidad y retención de nutrientes y energía (hasta 4%), a la alteración de la flora bacteriana y sus metabolitos en el tracto gastrointestinal y/o al efecto sobre el metabolismo (NRC, 1998). Los estudios realizados para determinar la eficacia de los ácidos orgánicos para potenciar la acción de las fitasas exógenas arrojan resultados contradictorios. La inclusión de ácido láctico (3,0%) a la dieta de cerdos en crecimiento-cebo produce una mejora en la digestibilidad aparente ileal de la proteína, aminoácidos, cenizas, Ca y Mg, pero no causa ningún efecto sinérgico con la fitasa sobre estos nutrientes cuando ambos aditivos se añaden conjuntamente. Sin embargo, este efecto sí se observa en la digestibilidad aparente del P total. Un resultado similar ha sido obtenido por Jongbloed et al. (1996) sobre este parámetro mediante una fitasa microbiana y los ácidos láctico o fórmico. Mientras Han *et al.* (1997) hallan un efecto positivo del ácido cítrico (1,5%) cuando se añade a fitasas microbianas y endógenas (salvado de trigo) sobre la utilización del fósforo en lechones. El ácido cítrico en algunos casos puede haber hecho descender el pH por debajo del pH óptimo de la fitasa y, por lo tanto, haber disminuido su actividad, como han comprobado Yi y Kornegay, (1996).

Procesamiento del alimento.

La pérdida de la integridad estructural del grano puede modificar su actividad fitásica (Reddy *et al.* 1982). La molienda del grano pone en contacto más estrecho sustrato y enzima, favoreciendo su acción. La alta presión a que se somete el pienso durante el proceso de granulación hace que su textura sea más fina, facilitando así aún más el acceso al sustrato de las enzimas y aumentando potencialmente su digestibilidad. Kemme y Jongbloed, (1993) obtuvieron una mejora del crecimiento y del índice de conversión mediante el remojo del pienso a 88 °C durante 8 horas durante el día o 15 horas a lo largo de la noche. Los enzimas naturales presentes en los cereales son activados por la humedad Reddy *et al.* (1982), produciendo una hidrólisis parcial de los fitatos y un aumento en la absorción del fósforo. Liu *et al.* (1997) consiguieron resultados similares con pienso en remojo (2 partes de agua y 1 parte de pienso durante 2 horas a 308 °C) observando una interacción altamente significativa entre remojo y fitasas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

UBICACIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO

El presente trabajo se realizó en la Unidad porcina y los laboratorios de Nutrición y Producción Animal de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, en Buenavista, Saltillo, Coahuila. El clima de la región es BSo kx'(w) (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 225 mm y temperatura media anual de 17,7 ° C (García, 1987).

CARACTERÍSTICAS DE LOS ANIMALES

Se utilizaron 72 animales (34 hembras y 38 machos castrados) todos de cruce tipo comercial (Yorkshire, Hampshire, Duroc y Landrace) con peso promedio inicial de 22.8 kg, formando 3 repeticiones por tratamiento cada repetición de 12 animales (**cuadro 4**). Los cuales fueron alojados en corrales en grupos de doce animales.

DISTRIBUCIÓN DE ANIMALES Y TRATAMIENTOS

La ración base de los tratamientos fue preparada con sorgo molido y pasta de soya (Cuadro 4). Los tratamientos evaluados en estos estudios fueron los siguientes: testigo sin fitasa (SF) y con fitasa (CF) 100 g/Ton de alimento (5000G Natuphos® de Basf Mexicana S. A. de C. V.); denominación química mioinositolhexakisfosfato-3-fosfohidrolasa.

Cuadro 4.- Tratamientos y distribución de cerdos (hembras y machos castrados) en crecimiento			
SF			
R1	6 Hembras		R1
	6 Machos		
R2	6 Hembras		R2
	6 Machos		
R3	6 Hembras		R3
	6 Machos		

Raciones experimentales

Las raciones experimentales se presentan en el Cuadro 5. Como base el suplemento N 35 complementado con pasta de soya (*Glicine max*), sorgo molido (*Sorghum vulgare*) y cebo de res. Estas se formularon para contener la siguiente composición aproximada: PC 18.5 %; FC 4.0 %; EM/kg, 3.57 Mcal; FC 4.0%; extracto etéreo, 2.3%; cenizas, 4.2% (Cuadro 6). El Ca, 0.69%; P, 0.6% y lisina 0.8%, fueron estimados en base a valores reportados en las tablas de composición de alimentos del NRC, (1998).

Cuadro 5.- Raciones utilizadas en la alimentación de cerdos en

crecimiento suplementadas con fitasa*	
INGREDIENTES	CONTENIDO (kg)
Sorgo	73,6
Soya	20.0
Sebo	1.50
Suplemento No 35 (VIT-MIN)**	4.00
CaCO ₃	0.90
Total	100.0

* Fitasa: Natufos de Basf

** Suplemento No 35= PC (17%), Calcio (6.50%), fósforo (3.90%), sodio (0.50%) y Lisina (3.0%)

Cuadro 6.- Contenido químico y energético de raciones utilizadas en la alimentación de cerdos en crecimiento suplementadas con fitasa.		
Nutrientes (%)	T1 SF	T2 CF
Humedad	9.99	9.75
Materia seca	90.01	90.25
Cenizas	4.23	4.28
Grasas	2.24	2.40
Fibra cruda	3.94	4.09
Proteína	18.85	18.20
Extracto libre de nitrógeno	70.74	71.03
Total de nutrientes digestibles	84.316	84.47
Energía digestible Mcal/kg MS	3.721	3.724
Energía Metabolizable Mcal/kg MS	3.572	3.575

Cálculo de NDT, ED y EM (Crampton y Harris, 1969)

Alojamiento y manejo de los animales

Los cerdos se ubicaron en corrales adaptados con comedero y bebedero automático. El agua se ofreció a libre acceso. El trabajo duró 63 días, 14 para la adaptación al manejo y a los alimentos, y 56 días para obtención de datos sobre consumo de MS, ganancia diaria de peso y eficiencia alimenticia. Antes de iniciar el experimento, a todos los cerdos de los tratamientos se les aplicó desparasitante, así como vitaminas A, D y E. Los animales se pesaron en la mañana en ayuno, al inicio y cada 14 días hasta el final de la prueba.

Análisis de muestras

La ración base fue analizada para determinar su composición química. Muestras de las raciones ofrecidas fueron obtenidas diariamente. Para su posterior análisis, las muestras fueron secadas en una estufa a 60° C y molidas a través de una malla de 1 mm en un molino marca Thomas-Wiley, laboratorio Mill, modelo 4, PA., USA. Las muestras fueron analizadas para determinar materia seca (MS) a 105° C, humedad y extracto etéreo (EE) según procedimientos reportados por el AOAC (1997). El contenido de proteína cruda (PC) fue analizado según el procedimiento Kjeldahl, como $N \times 6.25$ (AOAC, 1997). El contenido de energía metabolizable (EMMcal/kg) fue estimado (Crampton y Harris, 1969). Calcio, fósforo fueron estimados en base a valores reportados en las tablas de composición de alimentos del NRC, (1998). El contenido de Ca y P sanguíneo se determinó respectivamente por medio del espectrofotómetro de absorción atómica marca Perkin Elmer y el P por medio de colorimetría en espectrofotómetro aplicando la metodología de la AOAC, (1997).

Relación de eficiencia proteica (REP)

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). Al aplicar la siguiente ecuación se obtienen resultados de la relación de eficiencia proteica.

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

Grasa dorsal

Al finalizar el estudio, a todos los animales se le midió el espesor de la grasa dorsal entre la 7ª y 8ª costilla a una distancia de 7 cm de la columna. Esto se realizó con un equipo de ultrasonido considerando su manual de operación (Marca Draminski Backfat Scanner, Pig Grading Equipment, Draminski electronics in agriculture, Owocowa 17, 10-860 Olsztyn, Polonia).

Diseño experimental.

Para la variable ganancia diaria de peso, consumo de alimento, eficiencia alimenticia, espesor de grasa dorsal y relación de eficiencia proteica (REP), se aplicó un diseño completamente al azar con tres repeticiones por cada tratamiento. Para las variables contenido de calcio y fósforo, se analizó por medio de un diseño estadístico completamente al azar con dos unidades experimentales por tratamiento Steel y Torrie (1980).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Consumo de alimento

Aunque no fue analizado estadísticamente. De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio. La variable consumo de alimento por día, se observaron valores muy similares (Cuadro 7).

Cuadro 7: Consumo de alimento (kg) en cerdos en crecimiento con dietas suplementadas con fitasa		
Consumo (kg)	SF	CF
Consumo/corral R1	1,042.0	996.0
Consumo/corral R2	1,099.0	1,273.0
Consumo/corral R3	1,162.0	1,031.0
Consumo promedio	1,101.0	1,100.0
Consumo total/animal R1	86.83	83.0
Consumo total/animal R2	91.58	106.1
Consumo total/animal R3	96.83	85.92
Consumo total promedio	91.75	91.67
Consumo/día/animal R1	1.55	1.48
Consumo/día/animal R2	1.64	1.90
Consumo/día/animal R3	1.73	1.52
Consumo de alimento/día/animal	1.64	1.63

Ramírez, (2006) no observó diferencia estadística ($P \geq 0.05$) entre tratamientos, al utilizar fitasa (100 g/ton). La suplementación de fitasa en el alimento no mejoró el consumo de alimento (Cuadro 8). De igual manera, Cromwell, (1992) reporta igual comportamiento en consumo de alimento al utilizar dietas adicionadas con fitasa a

niveles de 700 o 1050 ppm. Sin embargo, la adición de 350 ppm de fitasa mejoró el consumo de alimento. Padilla, (2006) el adicionar fitasa (100 g/ton) no mejoró el consumo de alimento. Sin embargo, numéricamente observó un ligero mayor consumo de alimento (15 g) en los lechones que recibieron la dieta de pre iniciación suplementada con fitasa.

Ganancia diaria de peso

El análisis de varianza indica que el nivel de fitasa no afectó la ganancia diaria de peso ($P \geq 0.05$). Encontrando valores de 0.560 y 0.567 kg para tratamiento sin fitasa y con fitasa respectivamente (Cuadro 8). Por otro lado, Ramírez, (2006) al suplementar dietas con fitasa (100 g /ton) no encontró efecto ($P \geq 0.10$) en la ganancia diaria de peso. Sin embargo, los animales con adición de fitasa en el alimento tuvieron un incremento diario de peso de 0.805 Kg/día. Este incremento fue 22 % mayor al valor encontrado en los animales que no recibían fitasa en la dieta (0.703 kg). Cromwell, (1992) reporta mejora en la ganancia de peso ($P < 0.05$) con la adición de 350 ppm de fitasa. Agrega que la inclusión de niveles superiores (700 ó 1050 ppm) no mejoró la ganancia diaria de peso. Concluye, la fitasa puede mejorar la ganancia de peso cuando se añade hasta 350 ppm en dietas a base de sorgo-pasta de soya. Al determinar el efecto de fitasa en el comportamiento de cerdos, (Biehl y Baker, 1996); la adición de fitasa (1200 FTU/kg) a la dieta, mejoró significativamente la ganancia diaria de peso al compararla con una dieta conteniendo 15.0 % PC.

Conversión alimenticia.

Al analizar estadísticamente el resultado de la eficiencia alimenticia (kilogramos de alimento necesarios para producir una unidad de peso). No hubo diferencia estadística significativa ($P \geq 0.05$) entre los tratamientos (**Cuadro 8**). O sea, el nivel de fitasa no afectó la conversión alimenticia de cerdos en crecimiento. Los valores promedios encontrados 3.29 kg de alimento requeridos para producir un kilogramo de incremento de peso.

Diferentes resultados a los encontrados en este trabajo reporta Ramírez, (2006); al encontrar diferencia significativa ($P \leq 0.02$) en conversión alimenticia de cerdos en la etapa de finalización alimentados con dietas suplementadas con fitasa (100g/Ton de alimento). Biehl y Baker, (1996) evaluaron el efecto de la fitasa en el comportamiento de cerdos. Reportan que la fitasa mejoró significativamente la eficiencia alimenticia (ganancia diaria de peso: consumió de alimento), g/kg al compararla con los animales que recibían dieta baja en proteínas. Cromwell, (1992) reporta efecto deprimente en conversión alimenticia en cerdos alimentados con dietas conteniendo 1050 ppm de fitasa.

Espesor de grasa dorsal.

Al finalizar el experimento, se midió la grasa dorsal (mm). Los resultados se presentan en el Cuadro 8. En la variable espesor de grasa dorsal, estadísticamente ($P \geq 0.05$) no hubo diferencia significativa entre tratamientos. Ambos tratamientos tuvieron valores muy semejantes. Encontrándose un promedio de 11.68 mm para los tratamientos SF y CF.

Para evaluar efecto de la lisina en las características de la canal del cerdo, como rendimiento de la canal, espesor de la grasa dorsal, área del músculo *longissimus dorsi* y porcentaje de tejido magro, se presentan resultados variables debido al nivel de incorporación proteico dado, capacidad genética y el sexo (Hansen y Lewis, 1993; Hahn *et al.* 1995). También al utilizar nivel normal y nivel superior al requerimiento de lisina para cerdos en iniciación Malacara, (2007) no encuentra efecto en el espesor de grasa dorsal a consecuencia del nivel de lisina incorporado a la dieta. En este trabajo el contenido de energía de la dieta 3.572 Mcal/kg de alimento. Es un nivel superior al recomendado por NRC, (1998).

Esto pudiera haber provocado que hubiera más energía disponible para síntesis de tejido adiposo y mayor grosor de la grasa dorsal, aunque la ganancia de peso, la conversión alimenticia sean similares en cerdos alimentados con dietas estándar o con menos PC (Figuroa *et al.* 2002). Por otro lado, la respuesta productiva de los cerdos en crecimiento no cambia al reducir el contenido de PC de la dieta

adicionando AA sintéticos; quizás, las características de la canal pudieran mejorar con menor espesor de grasa dorsal, si se redujese la concentración de EM en las dietas y podría mejorar la calidad de la carne.

Relación de eficiencia proteica (REP)

La REP es la relación de la ganancia de peso y la proteína consumida. Sin embargo, esta relación no toma en cuenta la proteína que se utiliza para mantenimiento del animal (Shimada, 2003). Estadísticamente ($P \geq 0.05$) no se encontró diferencia significativa entre tratamientos (Cuadro 8).

Los resultados de la REP fueron similares para ambos tratamientos. No se observa efecto de la fitasa sobre la disponibilidad de proteína. Así como el ácido fítico interactúa con fósforo y forma complejos con otros minerales como el calcio, zinc, fierro y magnesio (Simons *et al.* 1990) y con las proteínas de los granos. Los fitatos interactúan con las cadenas radicales de las proteínas creando un complejo proteína–fitato. En otras investigaciones efectuadas con cerdos han demostrado que la fitasa microbiana puede mejorar también la digestibilidad de las proteínas y los aminoácidos. Estos datos son insuficientes para hacer recomendaciones en este sentido sobre la actividad de fitasas en la utilización de las proteínas (Bühler *et al.* 1998). Mientras Kemme *et al.* (1997) indican que la efectividad de las fitasas microbianas se ve afectada por el estado fisiológico del animal.

Calcio

El nivel de calcio (mg/dL) en sangre (**Cuadro 9**) no fue diferente estadísticamente ($P \geq 0.05$). La adición de fitasa a la dieta de los cerdos, no mejoró el contenido de Ca en plasma sanguíneo. El contenido de Ca en suero sanguíneo fue menor a valores normales (Merk, 2000). Investigaciones reportadas por Kornegay y Qian (1996), estimaron una equivalencia de 0.73 g de Ca liberado cuando se le adiciona fitasa 500 FTU/kg a la dieta. Caso contrario a esto, de haber un exceso de Ca en la dieta. El calcio no solo precipita de manera progresiva a la fitasa y forma compuestos insolubles con Ca. También reduce la susceptibilidad del fitato para la hidrólisis

enzimática, por la competencia por los sitios activos de la fitasa (Liao et al. 2002). Padilla, (2006) al trabajar con lechones en pre-inicio que consumían dieta SF tuvieron mayor contenido de Ca. Con valores de concentración ligeramente mayor en ambos SF y CF al nivel normal.

Fósforo

Al analizar estadísticamente los niveles de fósforo (mg/dL) en suero sanguíneo no se encontró diferencia significativamente ($P \geq 0.05$) entre tratamientos (**Cuadro 9**). Pero numéricamente el tratamiento SF (12.52 mg/dL) fue ligeramente superior al tratamiento CF (11.55 mg/dL) con diferencia de 0.97 mg/dL en fósforo. El contenido de P fue superior a la concentración normal (Merk, 2000). Quizás la adición de fitasa actuó mejorando la disponibilidad del P; al actuar sobre los 1982; Cromwell *et al.* 1995). Ya que el P en los granos su aprovechamiento es muy bajo Anderson, (1987); y pobremente absorbido por el tracto gastrointestinal (Anderson y Kozlovsky, 1985). Al utilizar fitasa en dietas para lechones destetados reportan contenido de 5.1 mg/dL en P tomado al final del experimento (Guiomar, (2008) La deficiencia de P en lechones jóvenes se puede complicar en raquitismo; lo que afecta el comportamiento en la fase de engorda o en futuros reproductores y/o reproductoras.

Relación calcio: fósforo

Los valores de relación Ca: P (mg/dL), no fueron diferentes ($P \geq 0.05$) entre los tratamientos. Los valores encontrados son 0.38:1 y 0.4:1 para tratamiento SF y CF respectivamente. La adición de fitasa no mejoró la relación Ca: P. Considerando una relación (1.8:1.0) para Ca: P (Merk, 2000). Por otro lado, Padilla, (2006) encuentra diferencia ($P \leq 0.01$) en relación Ca: P y superior en los lechones que no recibían fitasa en la dieta. De igual manera, Guiomar, (2008) reporta relación 2.57:1 Ca: P) al utilizar fitasa en la alimentación de lechones destetados a los 14 días.

El efecto a un nivel conocido de fitasa exógena pueden ser afectado por el contenido y relación Ca: P, así como el nivel de fitato en los ingredientes de la dieta (Lei *et al.* 1993; Kornegay y Qian, 1996). Además con una alta relación molar Ca/fitato en el

alimento puede provocar la formación de complejos Ca-fitasos muy insolubles en el medio intestinal. Como también, un exceso de calcio puede reducir la actividad enzimática al competir con las fitasas por su lugar preferente de acción (Kornegay, 1999). Estudios con cerdos, se obtiene una mayor respuesta a las fitasas (mejor utilización del fósforo) cuando la relación Ca total/P total se mantiene entre 1:1 y 1,1:1 (Qian *et al.* 1996). Niveles más altos de calcio reducen la absorción de fósforo y la utilización de los fitatos (Düngelhoef y Rodehutschord, 1995; Jongbloed *et al.* 1996). Aunque mínimo, la relación Ca/P de la dieta en este trabajo fue 1.2:1. Esta relación pudiera haber afectado la relación Ca: P en suero sanguíneo.

Cuadro 8. Consumo de alimento, ganancia de peso, eficiencia alimenticia, relación de eficiencia proteica* y espesor de grasa dorsal en cerdos en crecimiento alimentados con fitasa*				
Variables	SF	CF	EE¹	P≥F
Consumo de alimento (kg)	1.64	1.63	.546	0.91
Ganancia de peso/día (kg)	.560	.567	.009	0.79
Eficiencia alimenticia (kg/kg)	3.32	3.25	0.119	0.85
Relación de eficiencia proteica (REP)	1.63	1.72	0.220	0.56
Espesor de grasa dorsal (mm)	11.93	11.42	0.672	0.63

Cuadro 9.- Niveles y relación de calcio y fósforo en suero sanguíneo de cerdos en crecimiento alimentados con dietas adicionadas con fitasa					
Variables	SF	CF	Valor normal	EE¹	P≥F
Calcio (mg/dL)	4.7	4.6	9.3-11.5	0.224	0.89
Fósforo (mg/dL)	12.5	11.6	5.5-9.3	0.72	0.66
Ca:P relación	0.38:1.0	0.4:1.0			

V. Conclusiones y recomendaciones

La ganancia de peso diario, eficiencia alimenticia y REP, no fueron afectados por la adición de fitasa (5000 Natuphos® de Basf). La concentración de Ca en suero sanguíneo disminuyó en los animales de ambos tratamientos SF y CF. Con valores inferiores al nivel normal. El P en suero sanguíneo presentó concentración sobre el rango normal. La relación Ca: P en ambos tratamientos tuvo valores considerado críticos. Es recomendable realizar ensayos de digestibilidad *in Vivo* para evaluar el efecto de la fitasa a nivel metabólico.

VI. LITERATURA CITADA

Adeola, O., B.V. Lawrence, A.L. Sutton and T.B. Cline. 1995. Phytase-induced changes in mineral utilization in zinc supplemented diets for pigs. *J. Anim. Sci.*, 73: 3384-3391.

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

Aguirre, L. A. 2003. Factores antinutricionales en alimentos para animales monogástricos, *Rev. Cub. Cinc. Vet.*, 28(1): 8-14

Anderson, G. (1980) Assessing organic phosphorus in soil. In: F. E. Khasawneh, E.C. Sample & E. J. Kamprath (Eds). *The role of phosphorus in agriculture*: 411–431. American Society of Agronomy, Madison, USA.

Anderson, R. A.; Kozlovsky. 1985. Chromium intake, absorption and excretion of subjects consuming self-selected diets. *Am. J. Clin. Nutr.* 41: 1177-83.

Anderson, R. A. 1987. Chromium. In: W. Mertz (Ed.) *Trace Elements in Human and Animal Nutrition* (5th Ed.). Academic Press, Inc. San Diego, CA. pp 225-244.

Auman, S.K (2003) *Increasing Dietary Phosphorus Retention and Decreasing Fecal Phosphate Excretion in Modern Commercial Broilers.*

Biehl, R. R.; Baker, D. H. 1996. Effect of supplemental 1 alpha-hydroxycholecalciferol and microbial phytase for young pigs fed phosphorus or amino acid-deficient corn-soybean meal diets. *J. Anim. Sci.* 74:2960

Brenes, J., Viveros, A., y Brenes, A. (2002) Los enzimas en nutrición porcina (II) *Producción Animal.*, 181, 4-18.

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

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.

Cromwell, G. L.; Coffey, R. D.; Monegue, H. J. 1993. Phytase (Natuphos) improves phosphorus utilization in corn-soybean meal diets for pigs. *J. Anim. Sci.* 71 (1):165

Cromwell, G. L., 1992. The biological availability of phosphorous in feedstuffs for pigs. *Pig News and Information.* 138(2), 75N-78N.

Cromwell, G.L., y Coffey, R.D. (1991) Phosphorus, a key essential nutrient, yet a possible major pollutant—its central role in animal nutrition. In: .P. Lyons (ed.)

Champagne, E.T. y Hinojosa, O. (1987) Independent and mutual interactions of copper (II) and zinc (II) ions with phytic acid. *J. Inorg. Biochem.*, 30, 15-22.

Duengelhof, M., and M. Rodehutsord. 1995. Wirkung von phytasen auf die verdaulichkeit des phosphors beim schwein (Effects of phytases on the digestibility of phosphorus in pigs). *Ubers. Tierernahrg.* 23:133–157.

Figuroa, J .L., A. J. Lewis, P. S. Miller, R. L. Fischer, R. S. Gómez, and R. M. Diedrichsen. 2002. Nitrogen metabolism and growth performance of gilts fed standard corn-soybean meal diets or low crude protein, amino acid-supplemented diets. *J. Anim. Sci.* 80: 2911-2919.

García, E. Modificaciones al sistema de clasificación climatológico de Kôppen. 4ta Ed. Instituto de Geografía. UNAM. México. Pp 87-88. 1987.

Gebert, S., G. Bee, H. P. Pfirter y C. Wenk, 1998. Phytase and vitamin E in the feed of growing pigs : 1. Influence on growth, mineral digestibility and fatty acids in digesta. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 81:9-19.

Gibson, D. M. y A. B. J. Ullah, 1990. Phytases and their action on phytic acid. En: *Inositol Metabolism in Plants* (D. J. Morre, W. F. Boss and F. A. Loewus, eds.), pp.77-92. Wiley-Lis, New York.

Gómez, R.S., A.J. Lewis, P.S. Miller and H.Y. Chen. 2002. Growth performance, diet apparent digestibility, and plasma metabolite concentrations of barrows fed corn-soybean meal diets or low-protein, amino acid-supplemented diets at different feeding levels. *J. Anim. Sci.*, 80: 644-653.

Gueguen, L. 1996. Determination of dietary phosphorus availability. In: Phytase in animal nutrition and waste management. Ed. By Coelho and Kornegay. 163 p.

Guiomar, L. R. 2008. Influencia del uso de óxido de zinc y de fitasas en dietas bajas en fósforo para lechones. Instituto de Investigación y Tecnologías Agroalimentarias (IRTA-España) Centro Mas de Bover. En línea: http://www.engormix.com/s_articles_view.asp?art=2239&AREA=POR.

Hahn J.D. R.R. Biehl y D.H. Baker. 1995. Ideal digestible lysine level for early and late finishing swine. *J. Anim. Sci.*, 73: 773 – 784.

Han, Y. M., F. Yang, A. G. Zhou, E. R. Miller, P. K. Ku, M. G. Hogberg, and X. G. Lei. 1997. Supplemental phytases of microbial and cereal sources improve dietary phytate phosphorus utilization by pigs from weaning through finishing. *J. Anim. Sci.* 75:1017–1025.

Hansen B. y A. Lewis 1993. Effects of dietary protein concentration (corn: soybean meal ratio) on the performance and carcass characteristics of growing boars, barrows, and gilts: mathematical descriptions. *J. Anim. Sci.*, 71:2122-2132.

Harper, A.F., E.T. Kornegay and T.C. Schell. 1997. Phytase supplementation of low phosphorous growing-finishing pig diets improves performance, phosphorous digestibility, and bone mineralization and reduces phosphorous excretion. *J. Anim. Sci.*, 75: 3174-3186.

Hibbard, B., J.P. Peters, R.Y.W. Shen and S.T. Chester. 1992. Effect of recombinant porcine somatotropin and dietary protein on pancreatic digestive enzymes in the pig. *J. Anim. Sci.*, 70: 2188-2194.

Jongbloed, A. W., N. P. Lenis, and Z. Mroz. 1997. Impact of nutrition on reduction of environmental pollution by pigs: An overview of recent research. *Vet. Q.* 19:130–134.

Jongbloed, A. W., P. A. Kemme, and Z. Mroz. 1996. Effectiveness of Natuphos phytase in improving the bioavailabilities of phosphorus and other nutrients for growing-finishing pigs. Page 393 in *Phytase in Animal Nutrition and Waste Management*. M. B. Coelho and E. T. Kornegay, ed. BASF Corp., Mount Olive, NJ.

Jongbloed, A. W., Z. Mroz, P. A. Kemme, C. Geerse, and Y. Van der Honing. 1993. The effect of dietary calcium level on microbial phytase efficacy in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 71(Suppl. 1):166. (Abstr.)

Jongbloed, A. W.; Mroz, Z.; Kemme, P. A. 1992. The effect of supplementary *Aspergillus niger* phytase in diets for pigs on concentration and apparent digestibility of dry mater, total phosphorus, and phytic acid in different sections of the alimentary tract. *J. Anim. Sci.* 70:1159-1168.

Kemme, P. A., A. W. Jongbloed, Z. Mroz, A. C. Beynen. 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.

Kemme, P. A.; A. W. Jongbloed. 1993. Rapport IVVO-DLO, No. 251, Res. Inst. Livest. Feeding and Nutr. Res., Lelystad, the Netherlands.

Keulen, J.V. and B.A. Young. 1977. Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *J. Anim. Sci.*, 44: 282-287.

Kornegay, E. T. 1999. A review of phosphorus digestion and excretion as influenced by microbial phytase in poultry. Proc. 1999 BASF Technical Symp., Atlanta, GA.

Kornegay, E.T. y Qian, H. 1996. Replacement of inorganic phosphorus by microbial phytase for young pigs fed on a maize-soybean-meal diet. *Br. J. Nutr.*, 76, 563-578.

Lei, X. G., P. K. Ku, E. R. Miller, and M. T. Yokoyama. 1993a. Supplementing corn-soybean meal diets with microbial phytase linearly improves phytate phosphorus utilization by weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 71:3359–3368. (Abstract)

Lei, X. G., P. K. Ku, E. R. Miller, M. Y. Yokoyama, and D. E. Ullrey. 1993b. Supplementing corn soybean meal diets with microbial phytase maximum phytate phosphorus utilization by weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 71:3369–3375.

Liao SF, Sauer WC, Kies AK. 2002. Supplementation of microbial phytase to swine diets: Effects on utilization of nutrients. In Nakano T, Ozimek L (Eds.) *Food Science and Product Technology*. Research Signpost. Kerala, India. pp 199-227.

Liu, J., D. W. Bollinger, D. R. Ledoux, M. R. Ellersieck, and T. L. Veum. 1997. Soaking increases the efficacy of supplemental microbial phytase in a low-phosphorus corn-soybean meal diet for growing pigs. *J. Anim. Sci.* 75:1292–1298.

Lonnerdal, B., Sandberg, A-S., Sandstorm, B. y Kunz, C. (1989) Inhibitory effects of phytic acid and other inositol phosphates on zinc and calcium absorption in suckling rats. *J. Nutr.*, 119, 211-214.

Maga, J. A. 1982. Phytate: its chemistry, occurrence, food interactions, nutritional significance, and methods of analysis. *J. Agr. Food Chem.* 30:1-9.

Malacara, A. O. E. 2007. Efecto de la suplementación a diferentes niveles de lisina en dietas para cerdos en Iniciación. Tesis Licenciatura. Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Martínez, DB; Ibáñez GM^a V y Rincón LF. Acido fítico: aspectos nutricionales e implicaciones analíticas. *ALAN*. [en línea]. septiembre. 2002, vol.52, no.3. Disponible en la World Wide Web: <http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222002000300001&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0004-0622. [Consultado 11 Marzo 2006], Pp. 219-231.

McDowell, L. R. 1989. Vitamins in animal nutrition. Comparative aspects to human nutrition. Academic Press, Inc. U. S. A.

Merck, 2000. Guía de referencia: Bioquímica sérica (criterios de valoración). Manual de Merck de veterinaria. Quinta edición. Océano grupo editorial, S. A. Barcelona España 2000. pp-2454-2455.

Mroz, Z., A.W. Jongbloed and A.P. Kemme. 1994. Apparent digestibility and retention of nutrient bound to phytate complexes as influenced by microbial phytase and feeding regimen in pigs. *J. Anim. Sci.* 72: 126-132.

Nahapetian, A.; Bassiri, A. 1975. Changes in concentrations and interrelations of phytate, phosphorus, magnesium, calcium, and zinc in wheat during maturation. *J. Agric. Food Chem.* 23(6)1179-1182.

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

Olukosi, O.A., J.S. Sands and O. Adeola. 2007. Supplementation of carbohydrases or phytase individually or in combination to diets for weanling or growing finishing-pigs. *J. Anim. Sci.*, 85: 1702-1711.

Padilla, J.M.V. 2006. Efecto de la fitasa en la suplementación de dietas para cerdos en pre-iniciación. Tesis Licenciatura. Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Pointillart, A. (1994a). Phytates, phytases: leur importance dans l'alimentation des monogastriques. *INRA Prod. Anim. Nutr.*, 68, 1-9.

Qian, H. E. T. Kornegay, and D. E. Conner, Jr. 1996. Adverse effects of wide calcium:phosphorus ratios on supplemental phytase efficacy for weanling pigs fed two dietary phosphorus levels. *J. Anim. Sci.* 74:1288–1297.

Radcliffe, J.S., R.S. Pleasant and E.T. Kornegay, 2006. Estimating equivalency values of microbial phytase for amino acids in growing and finishing pigs fitted with steered ileo-cecal calve cannulas. *J. Anim. Sci.*, 84: 119-1129.

Ramírez, S. J. F. 2006. Efecto de la fitasa en la suplementación de dietas para cerdos en crecimiento-finalización. Tesis de Licenciatura. Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Reddy, N.R., Pierson, M.D. y Salunkhe, D.K. (1982a) Legumes-Based Fermented Foods. *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 17, 335-370.

Robinson, D. (1991) Bioquímica y valor nutritivo de los alimentos Ed. Acribia, Zaragoza 531 pp.

Ravindran, V., Ravindran, G. y Sivalogan. S. (1994) Total and phytate phosphorus contents various foods and feedstuffs of plant origin. *Food Chem.*, 50, 133-136.

Snider, M. y Liebman, M. (1992) Calcium additives and sprouted wheat effects on phytate hydrolysis in whole wheat bread. *J. Food. Sci.*, 57, 118-120.

Shimada, M. A. 2003. Nutrición animal, México, Editor: A. Shimada M. Editorial Trillas. Pp 39.

Simons, P. C. M., H. A. J. Versteegh, A. W. Jongbloed, p. A. Kemme, P. Slump, K. D. Bos, M. G. E. Wolters, R. F. Beudeker, G. J. Verschoor. 1990. Improvement of phosphorus availability by microbial phytase in broilers and pigs. *Br. J. Nutr.* 64: 525-535.

Sugiura, S.H., Raboy, V., Young, K.A., Dong, F.M. y Hardy, R.W. (1999) Availability of phosphorus and trace-elements in low-phytate varieties of barley and corn for rainbowtrout (*Oncorhynchus mykiss*).

Tomschy, A., Tessier, M., Wyss, M., Brugger, R. Broger, C., Schnoebelen, L., Van Loon, A. P.G.M y Pasamontes, L. (2000) Optimization of the catalytic properties of

Aspergillus fumigatus phytase based on the three-dimensional structure. *Protein Science.*, 9, 1304–1311.

Thompson, L.V. (1987) Reduction of phytic acid concentration in protein isolates by acylation techniques. *J. AOCS.*, 64, 1712-1717.

Vallardi, M., Morales, R., y Ávila, E. (2002) Effect of the addition to laying hens diets of phytase as an inorganic phosphorous source. *Téc Pecu Méx.*, 40(2), 181-186.

Van Soest, P. J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Comstock, Cornell University Press. 2nd Edition.

Vincent, J.B., Crowder M.W. y Averill, B.A. (1992) Hydrolysis of phosphate monoesters: a biological problem with multiple chemical solutions. *Trends Biochem. Sci.*, 17, 105- 110.

Wallace, R. J. And C. J. Newbold. 1993. Rumen fermentation and its manipulation: The development of yeast culture as feed additives. In: T. P. Lyons (Ed.) *Biotechnology in the Feed Industry*. P. 173. Alltech Technical Publications, Nicholasville, KY.

Yi, Z.; 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.

VII. RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la Unidad porcina y los laboratorios de Nutrición y producción Animal de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, en Buenavista, Saltillo, Coahuila. 72 animales (34 hembras y 38 machos castrados), con peso inicial 22.8 kg. Los tratamientos testigo sin fitasa (SF) y con fitasa (CF) 100 g/Ton de alimento (5000G Natuphos® de Basf Mexicana S. A. de C. V.). Cada tratamiento consistió de 3 repeticiones de 12 animales c/u. Como base pasta de soya (*Glicine max*), sorgo molido (*Sorghum vulgare*) y cebo de res. Fórmulas isoproteicas 18.5% PC; e isoenergéticas 3.57 Mcal EM/kg MS; 0.69% Ca; 0.6% P y 0.8% lisina. El trabajo duró 63 días, 14 para la adaptación y 56 días para obtención de datos de: consumo de MS, ganancia diaria de peso, eficiencia alimenticia, REP y espesor de grasa dorsal. Se determinó contenido de Ca y P sanguíneo y se estimó la relación Ca:P. Se aplicó un diseño completamente al azar con igual número de repeticiones por tratamiento. La inclusión de fitasa no mejoró ganancia de peso diario, eficiencia alimenticia, REP y espesor de grasa dorsal ($P \geq 0.05$). La concentración de Ca en suero sanguíneo disminuyó con valores inferiores al rango normal y el P presentó valores sobre rango normal en las variables respectivas de ambos tratamientos SF y CF. La relación Ca:P en ambos tratamientos tuvo valores críticos. Es recomendable realizar ensayos de digestibilidad *in Vivo* para evaluar el efecto de la fitasa a nivel metabólico.

Palabras clave: Cerdos, Fitasa, Comportamiento, Calcio, Fosforo