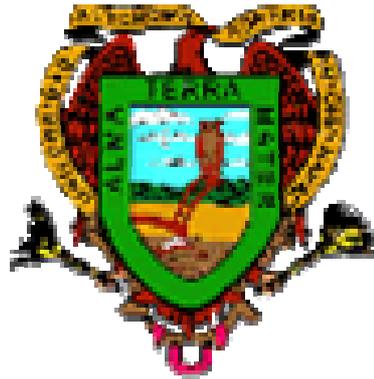


UNIVERSIDAD AUTONAMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y ALIMENTOS



**Efecto de la fitasa en en la suplementación de dietas para cerdos en
crecimiento y finalización.**

Por:

JUAN FELIPE RAMÍREZ SALAS.

TESIS

Presentada como requisito parcial para

Obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México. Agosto del 2006

UNIVERSIDAD AUTONAMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

**Efecto de la fitasa en en la suplementación de dietas
para cerdos en crecimiento y finalización.**

POR:

JUAN FELIPE RAMÍREZ SALAS

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. ROMON F. GARCIA CASTILLO

ASESOR

ASESOR

MC. CAMELIA CRUZ RODRIGUEZ

QFB. LAURA MARICELA LARA

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN
DE CIENCIA ANIMAL

Dr. RAMON F. GARCIA CASTILLO

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

DEDICATORIA

A DIOS Y A LA VIRGEN DE GUADALUPE:

Por darme la dicha de vivir y darme la oportunidad de poder realizar una de las metas mas deseadas e importantes que me trazado en la vida, por que solo ellos saben de mis triunfos y mis derrotas, mis alegrías y sufrimientos; quienes me han iluminado en los momentos más difíciles de mi vida. Por ser la fuente del AMOR y del SABER, por darme todo aun sin merecerlo.

A MIS PADRES.

Sr. Felipe Ramírez Saldivar.
Sra. Ma. De la Cruz Salas Rodríguez.

Con todo el amor de mi corazón a mis padres **Ma. De la Cruz Salas Rodríguez y Felipe Ramírez Saldivar**, por darme la oportunidad de vivir, su apoyo incondicional por su digno ejemplo de honradez, de calidad humana y sencillez, a dos personas de las cuales me siento orgulloso, que sin esperar nada a cambio dan su vida por brindarle a sus hijos un futuro mejor. Con el presente trabajo, brindo a ellos un pequeño tributo de admiración, amor y respeto. Mi fiel admiración para toda la vida, mis amados padres.

A MIS HERMANOS:

Jesús Alberto Ramírez Salas.
Brenda Edith Ramírez Salas.

Por el apoyo y cariño que siempre he recibido de ustedes y la confianza que depositaron en mi, por todo aquello que nos une, y a quienes les deseo lo mejor de la vida.

A ti mi mejor amigo por tenderme la mano y darme ese apoyo cuando lo necesito, por estar ahí a mi lado en las buenas y en las malas. GRACIAS HERMANO.

A ti mi hermanita que siempre le das alegría a mi vida con tu forma de ser, por enseñarme a ver la vida de manera diferente, por estar en esos momentos tan especiales para mi GRACIAS MI BEBE.

A MIS ABUELOS:

Francisco Ramírez
Ma. del Refugio Saldivar
Enrique Salas
Guadalupe Rodríguez

Por haberme formado como un hombre de bien, por darme todo su amor y haberme permitido estar a su lado siempre, por cuidarme y protegerme, quienes con su sabiduría, me han transmitido sus consejos y ejemplos, los cuales me han llevado al camino de la superación. Por enseñarme siempre a salir adelante y alcanzar siempre las metas propuestas, MIL GRACIAS.

A MIS TIOS.

Miguel, Cruz, Abel, Yolanda, Rosa, Maye, Paty, Diana, Enrique, Jorge.

Mil gracias por su comprensión y cariño, además a que me han enseñado a andar por el camino de la vida, y estar conmigo en los momentos difíciles de mi vida, motivándome a salir adelante.

A MIS PRIMOS.

Maico, Freddy, Ricardo, Frank, Gaby, Pancho, Sol, Cruz, Morrín, Morusa, Pay, Ney, Nena, Abel, Meli, Dalia, Perla, Lucy, Sara, Betito, Arturo, Charly, Lytsi, Leslie, Quiquin, Dany, Güero, Aranza, Robertin, Vale.

Por su cariño y comprensión, además de la gran amistad sincera que existe entre nosotros y por todo el cariño que le tengo a cada uno en especial.

A MIS AMIGOS.

Ing. Julio, Ing. Alejandro, Ing. Peter, Mosqui, Chorrás, Ing. Lupita, Evelin, Cande, Poncho, Luis, Alejandra, Grillo, Triste, Muerto, Caliman, Camaras, Isaías, Rambo, Lalo (+), Chen. (+).

Por la amistad sincera que existe entre nosotros el apoyo mutuo y el cariño que me han brindado, mil gracias.

A MIS COMPAÑEROS.

Chino, David, Freddy, Poot, Tibu, Iturbide, Toño, Elvis, Galileo, Gabino, Comino, Pantro, Magdiel, Edgar, Fernando, Arnold, Oropeza, Eduardo, Toluca, Axel, Teofilo, Lucio, More, Vicki, Malacara, Laura.

Por acompañarme en todos los relajos, pedas y con quienes conviví gratos momentos durante mi estancia en mi ALMA MATER.

A LAS FAMILIAS.

Jaime Torres, En especial a la Sra. Rosario y Sr. Jaime por brindarme ese calor de hogar estando lejos del mío y ver por mi bienestar, mil gracias.

Juárez Bustos, En especial al Ing. Sergio y Sra. Pety, por apoyarme en todo momento durante mi estancia dentro y fuera de la universidad y hacerme sentir como en casa. Mil gracias.

A mi Flaquita, Por creer en mi, quererme, apoyarme, haberme soportado, durante el tiempo que llevamos juntos y ser alguien especial en mi vida.

AGRADECIMIENTOS.

A MI “ALMA MATER”

Con profundo cariño y afecto, por darme la oportunidad la oportunidad de alcanzar la meta propuesta, por quien tratare de llevar siempre en alto su nombre, en el ámbito profesional.

AL Dr. RAMON F. GARCIA CASTILLO:

Mi mas sincero agradecimiento por brindarte la oportunidad de compartir sus orientaciones y todos sus conocimientos aportados en la realización de este trabajo. Así mismo, le agradezco su constante dedicación y la paciencia que me proporciono, lo que hace manifestarle una amistad sincera.

A LA MC. CAMELIA CRUZ RODRIGUEZ

Por apoyarme en la revisión y culminación de este trabajo, de igual forma, le agradezco su mas sincera amistad.

A LA QFB. LAURA MARICELA LARA LOPEZ

Por apoyarme en la revisión de este trabajo, apoyarme en el laboratorio y la culminación de este trabajo.

AL ING. ENRIQUE EZQUIVEL GUTIERREZ

Con infinito agradecimiento por brindarme en todo momento su gran amistad y apoyo en los momentos mas difíciles.

AL ING. SERGIO JUÁREZ

Por todo el apoyo brindado en la carrera a mi y a mi hermano y con toda mi familia.

TIO JORGE.

Por el apoyo que siempre me brindaste, por todos tus consejos, con todo el cariño y respeto que te tengo, mil gracias

A BASF MEXICANA

Por el apoyo y las facilidades para la obtención de la fitasa y por ayudar en la realización de este trabajo.

A LOS INGENIEROS.

Luis Lauro, Rodolfo Peña, Reginaldo de Luna, Lorenzo Suárez, Silva, Gloria, Laura Padilla, Sergio Juárez, Carlos Veliz.

Con infinita gratitud, en virtud de que durante mi estancia Universitaria me distinguieron con su sincera amistad.

También agradezco el apoyo incondicional que me ofreció Mayra Gabriela Jaime Torres durante la elaboración de este presente.

Agradezco a todas aquellas personas que directa o indirectamente me tendieron su mano para ayudarme en la elaboración de este trabajo: **Carlos, Tere, Rita, Wense, Javier, Pablo, Patricio, Toño, Marisela.**

INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE CUADROS.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo.....	2
Hipótesis.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Importancia y efecto del uso de la fitasa.....	3
Fitasa en la dieta de los cerdos.....	5
Aspectos generales sobre la fitasa.....	6
Impacto nutricional del uso de las fitasas.....	8
Disponibilidad y digestibilidad.....	8
Calcio y relación Ca / P.....	8
Fósforo.....	9
Calcio.....	10
Minerales Traza.....	11
Proteínas y aminoácidos.....	11
Factores que influyen en la eficacia de las fitasas.....	12
Características fisiológicas.....	12
Ácidos orgánicos.....	13
Procesamiento de alimento.....	15
Relación de Eficiencia proteica.....	16

III. MATERIALES Y METODOS.....	17
Ubicación del área. de trabajo.....	17
Animales experimentales.....	17
Distribución de tratamientos.....	18
Manejo de los animales.....	18
Variables estudiadas.....	19
Composición del alimento.....	19
Análisis de muestras.....	20
Medición de grasa dorsal.....	21
Recolección de sangre y análisis.....	21
Análisis estadístico.....	21
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
Consumo del alimento.....	22
Ganancia de peso diaria.....	22
Conversión alimenticia.....	23
Espesor de grasa dorsal.....	23
Relación de eficiencia proteica(REP).....	23
Minerales (Calcio y Fósforo)	24
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	26
VI. RECOMENDACIONES.....	26
VII. LITERATURA CITADA.....	27
VIII. ANEXOS.....	35

INDICE DE CUADROS.

Cuadro No.		Paginas
3.1	Combinación de tratamientos en el experimento.....	18
3.2	Concentración de la composición (kg) de la dieta experimental para cerdos en finalización suplementada con fitasa.....	21
3.3	Composición química, contenido energético y de calcio y fósforo en dietas conteniendo fitasa* para cerdos en finalización.....	22
4.1	Cuadro de concentración de tratamientos.....	25

I.-INTRODUCCIÓN

La tendencia actual en la producción del cerdo es obtener un máximo incremento de peso en el menor tiempo posible. Tomando en cuenta la tendencia de este animal al engorde o bien dicho a la conversión de alimento en carne Maga, (1982). El máximo crecimiento y aumento de peso en el cerdo ocurre en los primeros meses de vida. Por lo que es necesario aprovechar estas condiciones; y utilizar productos estimulantes y aceleradores de crecimiento Gibson y Ullah, (1990).

Por otro lado las dietas para cerdos consisten principalmente de ingredientes en los cuales el fósforo (P) esta presente de 50 a 70 % como fitato que es pobremente poco disponible por el bajo nivel intestinal de fitasas en los no rumiantes. Además el P es excretado y contribuye a la contaminación ambiental en áreas con alta densidad de producción animal.

Al respecto la efectividad de la fitasa microbiana para liberar P fítico en las dietas para aves y cerdos está bien documentada. Los valores de sustitución del P están establecidos para las diferentes fitasas disponibles en el mercado y para cada tipo de operación productiva Gebert *et al.*, (1998).

También se han reportado algunos beneficios colaterales cuando se suplementa fitasa. Ya que debido a la capacidad del fitato de secuestrar minerales, proteína, y almidón puede considerarse como un factor antinutritivo. Al suplementar la fitasa se liberan las uniones del fitato a estos nutrientes, mejorando por lo tanto la disponibilidad de estos elementos para los animales.

Objetivos

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la suplementación de fitasa en dietas para cerdos en la etapa de finalización mediante las siguientes variables: Consumo de alimento, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia, relación de eficiencia proteica, así como determinar el contenido de Ca y P en sangre y espesor de grasa dorsal.

Hipótesis

Ho: Dietas a base de sorgo y soya suplementadas con la enzima fitasa para cerdos no mejora el comportamiento de los animales, su contenido de Ca y P en suero sanguíneo y espesor de grasa dorsal.

Ha: Dietas a base de sorgo y soya suplementadas con la enzima fitasa para cerdos mejora el comportamiento de los animales, su contenido de Ca y P en suero sanguíneo y espesor de grasa dorsal

II.- REVISIÓN DE LITERATURA.

Importancia y Efecto del Uso de la Fitasa

En México, la avicultura y la porcicultura tienen especial importancia en la producción de alimentos, 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. Debido a la elevada densidad de población animal y a los modernos sistemas de producción, se han creado con el tiempo preocupantes focos de contaminación, ya que las excretas animales son sobre utilizadas como fertilizantes orgánicos, mismas que con el fósforo y el nitrógeno contaminan los mantos freáticos (Düngelhoef y Rodehutsord, 1995).

Se estima que 15% de las heces producidas provienen de aves y cerdos. Sin embargo, este porcentaje se incrementa hasta 40% cuando la excreción de fosfato es considerada. El peligro de contaminación ambiental también es de primordial interés en América Latina, debido a que cuenta con el 53.0 % de la producción de cerdo (82 millones de un total de 154 millones) en el continente (Cromwell, 1992).

Más aún, las predicciones de crecimiento en producción de cerdos son más elevadas en México y Argentina con 28 y 17%, respectivamente que en EUA y Canadá 2 y 5%, respectivamente entre 1999 y 2005. Como consecuencia la contribución de América Latina a la excreción mundial de P aumentará en los próximos años.

La inclusión de menores cantidades de P en las dietas es una de las maneras de reducir la excreción. De hecho, la adición de fitasas microbianas a las dietas mejora el aprovechamiento del P, reduce el desperdicio de fosfato y permite utilizar menores cantidades de P inorgánico en la dieta.

Las fitasas constituyen un grupo de enzimas que pueden poseer ventajas a dos niveles. En primer lugar, al aumentar la disponibilidad del fósforo fítico contenido en las materias primas de origen vegetal, se produce una disminución de la cantidad de fósforo inorgánico que se tiene que suplementar a las raciones y se puede disminuir el costo de la formulación.

En segundo lugar, y como consecuencia de la característica anterior, se presenta una reducción de la cantidad de P excretado y una menor contaminación ambiental. Rodehutschord, (1993) observó que la disponibilidad de P aumenta más por la adición de fitasas en las materias primas en la que su disponibilidad es más baja (maíz), mientras que en otras materias primas con menos fósforo fítico el efecto es mayor (trigo y triticale), factor a tener en cuenta si se pretende incrementar la disponibilidad del fósforo de las materias primas utilizando fitasas en el alimento.

Es importante recalcar en el caso de la utilización de fitasas en porcinos, que son efectivas tanto en animales en crecimiento como en animales adultos reproductores (Jongbloed y Kemme,1990).

Fitasas en la Dietas de los Cerdos

Animales no rumiantes, no pueden aprovechar el fósforo de fitina, o solamente lo hacen de una manera insuficiente, puesto que prácticamente les falta la enzima necesaria para ello.

El P es un elemento esencial para el crecimiento, desarrollo y reproducción de los animales, puesto que prácticamente no hay reacción química en la célula, sin que intervenga, directa o indirectamente, este mineral. El fósforo participa en la formación de huesos, la generación de energía, la formación de material genético que se hereda de una a otra célula y organismos, la formación de músculo a través de la síntesis de proteína, la síntesis de grasa, etc. Por lo tanto, todos los animales deben consumir cantidades adecuadas de este mineral.

El P contenido en ingredientes típicos de la dieta de los cerdos (pasta de soya y cereales) se encuentra principalmente en forma de fitatos (hexafosfato éster y de mio-inositol). Aunque es relativamente abundante, su disponibilidad es muy baja debido a que el animal no produce ninguna enzima que rompa los enlaces P-fitato. De acuerdo con Cromwell ,(1992), el P es disponible en apenas 10 a 15 % en maíz y sorgo, 25 a 30% en pasta de soya, y alrededor de 50% en trigo. Adicionalmente, a los fitatos se les considera como factores antinutricionales debido a que forman quelatos con otros minerales esenciales como el Ca, Zn, Mg, Fe y pueden reaccionar también con proteínas, disminuyendo la disponibilidad de proteína y aminoácidos.

La utilización de fitasas ha sido muy intensa durante los últimos años. Esta enzima hidroliza la molécula de fitato y, de esta manera, libera al P ligado a esta (Jongbloed y Kemme, 1990).

Aspectos generales sobre fitasa

Las enzimas son compuestos orgánicos, de origen proteínico, que actúan como catalizadores biológicos de los procesos digestivos y metabólicos. Son enzimas capaces de hidrolizar el ácido fítico, 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*). Éstos incluyen todas las reacciones de síntesis y digestión – degradación que ocurren en el animal, convirtiendo a las enzimas en el motor que mueve la actividad de todas las células del organismo controlando así, todas las funciones de mantenimiento, crecimiento y reproducción de los animales. Las enzimas se caracterizan por su marcada especificidad debido a que existe una forma de enzima particular para cada tipo de sustrato.

Esto ayuda para ejercer efectos específicos sobre la digestibilidad de algún nutriente en particular (proteasas, peptidasas, carbohidrasas y lipasas). Logrando una digestión eficaz y completa, mejorando substancialmente la absorción de nutrientes. Al facilitarle al animal la digestión del alimento mediante el efecto hidrolítico que tienen las enzimas, se mejora la biodisponibilidad y la absorción en el tracto digestivo del alimento, resultando en un ahorro de energía que se refleja en una mejor conversión y ganancia de peso; con el consiguiente impacto favorable en los costos. Así, la digestión de las proteínas en el intestino delgado del animal se efectúa en forma secuencial y simultánea y así la fitasa a su vez va a potenciar la asimilación del calcio y el P (Gebert, 1999).

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; 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.

Las 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).

Las fitasas se encuentran ampliamente distribuidas en microorganismos, plantas y animales (Pointillart, 1994a). Fitasas de tipo endógeno se han encontrado en el tracto gastrointestinal de cerdos (Pointillart, 1994a); (Yi y Kornegay, 1996), aves (Davies y Motzok, 1972); (Maenz y Classen, 1998) y otras especies monogástricas (Pointillart, 1994b), aunque su actividad fitásica es muy escasa. Se ha sugerido, incluso, que esta actividad "fitásica" de la mucosa del intestino delgado puede ser simplemente una manifestación de la actividad de la fosfatasa alcalina (Pointillart, 1994b). En el cerdo, la actividad fitásica intestinal es despreciable cuando se le compara con la de la fosfatasa alcalina, incluso cuando la ingesta de fósforo es muy baja y lo hace en forma de fitato. Ambas actividades (fitásica y fosfatásica alcalina) están influenciadas por la composición de la dieta (disminuyéndolas niveles altos de calcio y magnesio, y aumentándolas altos niveles de vitamina D3). Se puede concluir, pues, que las

fitasas y fosfatasa intestinal no son efectivas en la hidrólisis de los fitatos en dietas porcinas equilibradas (Pointillart, 1994b).

Impacto nutricional del uso de fitasas

Disponibilidad y Digestibilidad.

calcio Y fósforo

Alrededor del 99 por ciento del calcio y el 80 por ciento del P en el cuerpo esta localizado en el esqueleto y en los dientes. Estos minerales juegan un papel importante en el desarrollo y mantenimiento del sistema esquelético y desempeñan otras muchas funciones (Peo, 1976). Debido a la interacción del Ca, P, las recomendaciones para los requerimientos de cualquiera de ambos implica que se esta supliendo la cantidad correcta de los demás nutrientes (Kornegay *et al.*, 1983)

Los requerimientos totales de Ca y P están basados en raciones a base de maíz, harina de soya y considerando que el P en algunos alimentos de origen vegetal no esta disponible para el animal (Cromwell *et al.*, 1970; Kornegay y Thomas 1981).

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 P y el nivel de fitato de la dieta (Lei *et al.*, 1994; Kornegay, 1996a). 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 *et al.*, 1998). 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.*, 1996a).

Fósforo

El P es un componente de los fosfolípidos de importancia en el transporte y metabolismo de los lípidos y en la estructura de las membranas celulares; es decir, que el fósforo está presente prácticamente en todas las células. El P interviene en el metabolismo de la energía y también forma parte de varios sistemas enzimáticos.

Aproximadamente del 60 al 70% del P contenido en los cereales y la pasta de soya se encuentra en forma de fitatos (Cromwell *et al.*,1995). Solo un pequeño porcentaje de este fósforo está disponible para los animales no rumiantes debido a que en el intestino delgado existen cantidades insuficientes de fitasa (Cromwell, 1992). El P contenido en los cereales es relativamente elevado (alrededor del 50%) debido a que estos contienen niveles altos de fitasa vegetal.

La eficiencia en la utilización del P por animal depende de la forma en que se encuentre en los alimentos naturales. En los granos de cereales, subproductos derivados de los granos y harinas y semillas de oleaginosas alrededor del 60 al 75 por ciento del P se encuentra ligado inorgánicamente en forma de fitatos (Cromwell,1992), que es muy poco disponible para el cerdo. Prácticamente solamente entre el 20 al 30 por ciento del P presente en el maíz y la pasta de soya puede ser utilizado por el cerdo. La disponibilidad biológica del P en los granos de cereales es muy variable (Cromwell, 1992) los valores de disponibilidad van desde menos del 15 por ciento en el grano del maíz hasta aproximadamente el 50 por ciento del grano de trigo. El grano de maíz o de sorgo con alto contenido de humedad tiene mayor cantidad de P disponible que el grano seco. La disponibilidad biológica de P inorgánico es variable en las diferentes fuentes suplementarias (Chen y Pan,1977).

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 P y otros nutrientes en ingredientes vegetales con alto contenido en P 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 P, siendo la magnitud de la respuesta por unidad de fitasa mucho más acentuada con niveles bajos de esta enzima (Kornegay *et al.*, 1998). De la ecuación de regresión calculada sobre la digestibilidad del P, se deduce que la adición de 500 U de fitasa/kg en el alimento produce una reducción del 33.2% en la excreción de P, permitiendo disminuir el nivel de éste en la dieta en 0.1 unidades porcentuales. Estos resultados confirman prácticamente las conclusiones aportadas por (Düngelhoef y Rodehutscord, 1995) después de revisar los trabajos experimentales de 33 referencias bibliográficas. Existe una clara dosis-respuesta en la adición de fitasa hasta alcanzar un nivel de 1000 U de fitasa/kg de alimento, no hallándose por encima de este nivel una ulterior mejora de la digestibilidad del P.

La adición de 1000 U de fitasa/ kg de alimento produce una mejora en la digestibilidad de este mineral de hasta 28 unidades porcentuales, lo que equivale aproximadamente a 1g de P digestible por Kg. de alimento. Las principales firmas que comercializan fitasas recomiendan 500 U de fitasa /Kg de alimento con una equivalencia de 0,80 g de P digestible /kg de alimento (Anónimo, 1998; Anónimo, 2000).

Calcio

La acción hidrolítica de la fitasa sobre los fitatos en el estómago, no sólo aumenta la digestibilidad del P, sino que indirectamente eleva la del calcio. (Kornegay , 1996a) estimaron, basándose en los datos de (Radcliffe *et al.* 1995), una equivalencia de 0.73g de Ca para 500 U de fitasa/kg de dieta, mientras que (Jongbloed *et al.*, 1996a) señalan valores de 0.4 a 0.7g de Ca. No obstante, los resultados obtenidos por Johnston y Southern (2000) indican una

equivalencia de 1.0g de Ca/kg que coincide con el valor recomendado por BASF (Anónimo, 1998).

El ácido fitico puede interactuar con calcio y provocar una reducción en su digestibilidad y disponibilidad biológica para animales no rumiantes, Kemme *et al.* (1997) observaron un incremento de 6 unidades porcentuales en la digestibilidad fecal aparente del calcio. Liu *et al.* (1997) también encontraron un aumento en la digestibilidad y absorción del P en cerdos en crecimiento alimentados con dietas maíz – pasta soya, Gebert, (1999) también encontró incremento significativos en la digestibilidad y absorción del calcio en dietas cebada – canola para cerdos en crecimiento. El impacto económico del incremento en la digestibilidad del calcio debido al efecto de la fitasa adicionada en las dietas es cuestionable debido a que la principal fuente de calcio inorgánico (carbonato de calcio) tiene un costo muy bajo.

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 reestablecer los valores normales de crecimiento y los de Zn y fosfatasa alcalina en plasma Pallauf *et al.*(1992) obtienen una elevación significativa en la absorción de Mg y Zn en lechones mediante la suplementación a la dieta de 500 ó 1000 U de fitasa/kg. 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. La adición de 1200 U de fitasa/kg produce una hidrólisis del Fe ligado al fitato en una dieta a base de maíz-soja, mejorando su biodisponibilidad en lechones Stahl *et al.* (1998). Hasta ahora, 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 las fitasas crean 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 Rodehutschord, (1993).

En pruebas experimentales "in vivo" Officer y Batterham, (1993), se observó que la adición de fitasa mejora la digestibilidad aparente de la proteína y los aminoácidos. Jongbloed *et al.*(1996a), 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 Officer y Batterham, (1993). Los resultados recogidos 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. Datos más recientes (Johnston y Southern, 2000) confirman los porcentajes de digestibilidad señalados por los anteriores investigadores citados, y avalan estas recomendaciones de BASF Anónimo, (1998). Por último, Kornegay *et al.* (1998) 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. Los fitatos pueden interactuar con la proteína o los aminoácidos de la dieta a pH que ocurre normalmente en el intestino delgado, y formar complejos fitato- proteína o fitato aminoácido insolubles Chen y Pan ,(1977).

Factores que influyen en la eficacia de las fitasas

Características fisiológicas

Las diferencias anatomofisiológicas de los cerdos con respecto a las aves influyen también en la hidrólisis y absorción del P 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 P. 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 > asaderos), los resultados en cerdos son más confusos. Mientras Kemme *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).

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 (Gebert *et al.*, 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 (Kemme *et al.*, 1999a). Sin embargo, este efecto sí se observa en la digestibilidad aparente del P total (Kemme *et al.*, 1999b). Un resultado similar ha sido obtenido por (Jongbloed *et al.* 1996a) sobre este parámetro mediante una fitasa microbiana y los ácidos láctico o fórmico. (citado por Best y Gill, 1998) logra un efecto sinérgico sobre el crecimiento, el índice de conversión y la digestibilidad del fósforo por medio de la adición conjunta de fitasa y ácido fórmico a dietas de cerdos en crecimiento. Este efecto sinérgico entre estos ácidos orgánicos y las fitasas microbianas podría deberse tanto a una reducción en la velocidad del vaciado gástrico, permitiendo así un mayor tiempo de actuación de la fitasa, como a un efecto directo en la reducción del pH de la dieta sobre los minerales, aumentando su solubilidad Kemme *et al.*(1997). Los resultados obtenidos con el ácido cítrico no parecen ser tan concluyentes. Mientras 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, Radcliffe y Kornegay, (1998) y Li *et al.*(1998) no observaron ningún efecto sinérgico entre estos dos aditivos. La inconsistencia de estos resultados puede deberse a diferencias en la composición de las dietas, y a variaciones en el pH del contenido gastrointestinal en respuesta a esta composición. 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); o puede haber alterado el tiempo de tránsito del quimo, facilitando una mayor estancia en estómago y una mayor acción degradadora de las proteasas endógenas sobre la fitasa (Radcliffe *et al.*, 1995). Investigaciones recientes (Maenz *et al.*, 1999) muestran que compuestos como

EDTA, ácido cítrico y ácido ftálico, con capacidad quelante, son eficaces para disminuir la formación de complejos mineral-fitatos, y, por lo tanto, mejoran la eficacia de las fitasas microbianas en la hidrólisis del ácido fítico. El efecto beneficioso de estos quelantes sobre las fitasas sería óptimo cuando las dietas tuvieran altos niveles de fitatos, bajos niveles de fitasas y niveles relativamente altos de minerales multivalentes (Zn, Fe, Mn, Ca, Mg).

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 substrato y enzima, favoreciendo su acción. La alta presión a que se somete el alimento durante el proceso de peletización hace que su textura sea más fina, facilitando así aún más el acceso al substrato de los enzimas y aumentando potencialmente su digestibilidad.

(Jongbloed y Kemme, 1990) Hallaron que la peletización mediante vapor del alimento mejoraba la utilización del P en las aves. También comprobaron que cuando las raciones contenían altos niveles de salvado de trigo, la peletización con vapor causaba un descenso en la disponibilidad del fósforo, atribuyendo esta reducción a la destrucción de la actividad fitásica endógena. Jongbloed y Kemme, (1990) observaron en cerdos una mejora en la absorción del fósforo mediante la peletización con vapor de la dieta, observando que, cuando la temperatura de peletización alcanzaba aproximadamente 80 ° C , se producía un fuerte descenso en la digestibilidad de este mineral posiblemente debida a una destrucción de la actividad fitásica endógena de la dieta (Jongbloed y Kemme, 1990). En investigaciones recientes, Skoglund *et al.*, (1997) hallaron un 7% de reducción en el contenido de fitatos cuando la dieta fue peletizada con vapor a 81 ° C , pero no detectaron ni destrucción de la actividad fitásica endógena ni hidrólisis del ácido fítico. El suministro de alimento en forma líquida (sopa) es una forma alternativa de alimentación del

ganado porcino, que se ha extendido gracias a la disponibilidad de equipos automáticos eficaces.

En general, el suministro en forma líquida del alimento causa una mejora en los parámetros productivos del cerdo. (Kemme *et al.*, 1997) obtuvieron una mejora del crecimiento y del índice de conversión mediante el remojo del pienso a 188 °C durante 8 horas durante el día o 15 horas a lo largo de la noche. Las 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 P. Liu *et al.*, (1997) consiguieron resultados similares con alimento en remojo (2 partes de agua y 1 parte de alimento durante 2 horas a 30 °C observando una interacción altamente significativa entre remojo y fitasas. Skoglund *et al.*, (1997) logran, mediante el remojo del alimento en agua durante 9 horas a temperatura ambiente, una reducción del nivel de fitatos del 45% (frente a un 7% mediante la granulación), un aumento triple de la cantidad de P libre y un incremento de la absorción aparente ileal de este mineral. Cuando el remojo del alimento se hace con suero líquido a 40 ° C, durante 3 horas, se produce una mejora (3.0%) de la absorción aparente del P en cerdos en cebo, siendo esta mejora del 9% cuando se adiciona fitasa (Näsi *et al.*, 1995).

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).

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

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 determinaciones 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 54 días (del 23 de Enero al 17 de Marzo del 2006). Se utilizaron 46 animales (20 hembras y 26 machos) todos de cruce tipo comercial (Yorkshire, Hampshire, Duroc y Landrace) en etapa de finalización con un peso vivo promedio inicial de 43 kg con edad similar, los cuales fueron distribuidos en 4 corraletas de concreto (bloqueando por peso inicial) equipadas con comederos y bebederos automáticos

Distribución de tratamientos

La distribución de los tratamientos se presenta en el cuadro 3.1, teniendo un total de dos tratamientos por dos repeticiones.

Cuadro 3.1.- Combinación de tratamientos del experimento.

<i>T1 sin fitasa</i>		<i>T2 con fitasa* (100 gr. / ton)</i>	
R1	6 hembras / 6 machos	R1	6 hembras / 6 machos
R2	4 hembras / 6 Machos	R2	5 hembras / 7 machos

* Natufos de Bast 5000 FTU (100g /Ton de alimento)

Manejo de los animales

Los animales fueron pesados individualmente al inicio de la investigación, pesándose cada 15 días durante el periodo de la prueba. Los animales se pesaron a la misma hora (7:30 a.m.), en ayuno y siempre en el mismo orden. La ganancia diaria de peso se calculó considerando la diferencia entre el peso inicial y el final, dividido entre los días de estancia. El alimento fue ofrecido a libre acceso. El consumo de materia seca se calculó como la diferencia entre la cantidad de MS del alimento ofrecido y la MS del alimento rechazado. La eficiencia alimenticia se calculó como el consumo de MS dividido entre la ganancia de peso. Se utilizó como ingredientes dietas a base de sorgo y soya.

VARIABLES ESTUDIADAS.

Consumo de alimento. (kg MS/ d)
 Ganancia Diaria de peso (GDP) (g/d)
 Conversión alimenticia (CA) (kg alimento/ kg de incremento).
 Espesor de la grasa dorsal.(mm)Relación de Eficiencia Proteica (R E P).
 Minerales en sangre (Calcio y fósforo) (mg/dl)

Composición del alimento

Para la alimentación de los animales se utilizó como base el suplemento No. 35 (cuadro 3.2) complementado con pasta de soya(*Glicine max*), sorgo molido (*Sorghum vulgare*) y sebo de res, con adición de fitasa Natufos® 5000 UTF de Bast Mexicana(cada g contiene 5000 UTF). Los requerimientos nutricionales para animales de esta edad y peso se establecieron de acuerdo a las tablas de requerimientos para cerdos (NRC, 1998).

Cuadro 3.2.- Composición (kg) de la dieta experimental para cerdos en finalización suplementada con fitasa*.

INGREDIENTES	CONTENIDO /KG.
Sorgo	0.815
Soya	0.150
Sebo	0.10
Vit-AA-Min35**	0.25

*Fitasa Natufos de Basf 5000 FTU (100 g/Ton. de alimento)

**Suplemento No 35= PC(17%) Vit-AA-Min35= Calcio (6.50%), fósforo (3.90%), sodio (0.50%) y Lisina (3.0%)

Análisis de muestras

La ración base fue analizada para determinar su composición química. 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, como N x 6.25 (AOAC, 1997). Los contenidos de nutrientes digestibles totales (NDT), energía digestible (ED), energía metabolizable (EM), se estimaron de acuerdo a Crampton y Harris, (1969), calcio, fósforo, lisina y metionina, de acuerdo a (Fiske, 1925) y Sigma ,(1990) respectivamente, fueron estimados en base a valores reportados en las tablas de composición de alimentos (NRC, 1998).

Cuadro 3.3.- Composición química, contenido energético y de calcio y fósforo en dietas conteniendo fitasa* para cerdos en finalización.

DETERMINACIÓN	Por ciento
Humedad	9.87
Materia seca	93.28
Cenizas	2.76
Grasas	2.52
Fibra cruda	4.02
Proteína	16.3
E. L. N.	79.41
NDT	80.96
ED Mcal/kg MS**	3.87
EM Mcal/kg MS	3.02
Ca mg/dl***	
Pm mg/dl	

*Fitsa Natufos de Basf 5000 FTU (100 g/Ton. de alimento)

**Mcal/kg MS megacalorías por kilogramo de material seca.

***mg/dl = miligramos por decilitro

Medición de la Grasa Dorsal

Esta se realizó al finalizar el estudio, a todos los animales se les midió el espesor de grasa dorsal entre la 7^a y 8^a costilla a una distancia de 7 cm de la columna. Esta única toma de medida es de acuerdo a las instrucciones de operación del equipo marca Dramisnski backfat scanner; utilizado para la determinación del espesor de grasa dorsal (mm).

Recolección de sangre y análisis

Las muestras de sangre fueron obtenidas de la vena yugular o de la carótida de tres animales al azar por cada repetición al finalizar el experimento. Se recolectó 10 ml de sangre por cada animal, con agujas vacutainer de 22g x 38 mm en tubos de 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 determinación. El suero fue analizado para Calcio de acuerdo al método de espectrofotómetro de absorción atómica descrito por Fiske ,(1925) y para determinar fósforo de acuerdo al método de colorimetría descrito por Sigma, (1990).

Análisis Estadístico

Los resultados obtenidos en cuanto a las siguientes variables (ganancia diaria de peso , conversión alimenticia, consumo de alimento y espesor de grasa dorsal, calcio, fósforo y relación de eficiencia proteica) fueron analizadas mediante un diseño completamente al azar para dos tratamientos sin fitasa (SF) y con fitasa (CF) con 2 repeticiones por cada tratamiento ,(Steel y Torrie, 1988).

IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se discuten los resultados obtenidos en el presente trabajo.

Consumo de Alimento

En cuanto al consumo de alimento, no se observó diferencia estadística ($P \geq 0.05$) entre tratamientos es decir, la adición de fitasa (100 g/ ton) no afectó el consumo de alimento. **(Cuadro 4.1)**

Al respecto Cromwell, (1992) no encontró diferencia en el consumo de alimento en cerdos con dietas adicionadas con fitasa con niveles superiores de 700 o 1050 ppm. Mientras tanto con la adición de 350 ppm. de fitasa resultó en un aumento en consumo de alimento.

Ganancia de Peso Diaria

El análisis de varianza indica que el nivel de fitasa (100 gr/ton) no afectó ($P \geq 0.10$) la ganancia diaria de peso sin embargo los animales con adición de fitasa en el alimento tuvieron un incremento de 0.805 Kg/día 22 % mayor a los animales que no obtuvieron la fitasa en la dieta (0.703), **(Cuadro 4.1)**.

(Cromwell ,1992) encontraron que la adición de 350 ppm de fitasa resulto en un aumento en la ganancia de peso, ($P < 0.05$); pero la inclusión de niveles superiores (700 ó 1050 ppm) no produjo mejoras adicionales en la ganancia de peso. Estos datos indican que la fitasa puede mejorar la ganancia de peso cuando se añade hasta 350 ppm en dietas basadas en sorgo-pasta de soya.

Conversión alimenticia

Al analizar estadísticamente los kilogramos de alimento necesarios para producir una unidad de peso. Hubo diferencia significativa ($P \leq 0.02$); entre los tratamientos (Cuadro 4.1) o sea que el nivel de fitasa mejora la conversión alimenticia de los cerdos. (Cromwell, 1992) reporta resultados diferentes hasta de una peor conversión alimenticia en cerdos alimentados con dietas conteniendo 1050 ppm de fitasa.

Espesor de la grasa dorsal

Al finalizar el experimento, se midió la grasa dorsal (mm), a todos los animales de cada tratamiento y cada repetición. Estadísticamente no hubo diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre tratamientos.

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.

Estadísticamente se encontró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 4.1). dado que esta medida considera que la ganancia de peso se debe exclusivamente al aporte proteico del alimento, lo cual no necesariamente es cierto, además no toma en cuenta la proteína necesaria para el mantenimiento. O sea que el término eficiencia alimenticia es mas correcto (Shimada, 2003)

La REP fue de una ligera diferencia 0.46 superior en los animales que tuvieron dieta adicionada con fitasa; ganando 0.46 g mas por cada gramo de

proteína consumida; pero hay que tomar en cuenta que esta variable no considera la proteína que el animal utiliza para mantenimiento.(Shimada, 2003)

El ácido fitico 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. De acuerdo con lo publicado por (Lázity y Lázity, 1995) los fitatos interactúan con las cadenas radicales de las proteínas creando un complejo proteína – fitato; este complejo lo rompe la enzima fitasa.

Minerales (Calcio y fósforo) en sangre

Calcio

Como se puede observar en el cuadro 4.1, los niveles de calcio (ppm) en sangre no fue afectado estadísticamente ($P \geq 0.05$) entre los tratamientos.

Fósforo

Al analizar estadísticamente los niveles de fósforo (ppm) en sangre no se encontró diferencia significativamente entre tratamientos, como se puede observar en el cuadro 4.1. Pero analizándolo numéricamente los dos tratamientos (12.52 vs 11.55) existe una diferencia entre los niveles (0.97 ppm) de fósforo.

Se nota que existe una mayor concentración de Ca y P en la sangre analizada sobre los niveles normales.

(Simons *et al.*, 1990) examinaron la digestibilidad del P bajo adición de 1000 U de fitasa / kg a una dieta de maíz y soja y una dieta práctica con tapioca y harina de maíz alimenticia frecuente en los Países Bajos. El contenido en

calcio de las dietas se encontraba entre 5,8 y 6,5 g / kg. La digestibilidad aparente de P aumento mediante la adición de fitasa en promedio en un 26%.

CONCENTRACIÓN DE DATOS

Cuadro 4.1

	T1 S/ F	T2 C/ F	EE	P>F	Contenido normal mg/dl
Consumo de alimento (kg)	2.66	2.58	0.040	0.294	
Incremento de peso	0.703	0.960	0.039	0.066	
Conversión alimenticia	3.77	2.986	0.127	0.037	
REP	1.59	2.14	0.091	0.050	
Sangre calcio	47.21	45.1	24.7	0.607	9.3-11.5
Sangre fosforo	11.7	12.51	1.093	0.648	5.5-9.3

Fuente(NRC 1998).

V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El consumo fue similar entre los tratamientos.

La ganancia de peso y conversión alimenticia fue mejorada con la adición de fitasa en la dieta.

El espesor de grasa dorsal no fue afectado por la adición de fitasa.

El contenido de Ca y P en sangre no fue diferente para los niveles de fitasa utilizados en la dieta; pero se encontro valores superiores a la concentración normal.

VI.- RECOMENDACIONES

Para trabajos mas representativos es recomendable adicionar niveles de fitasa a dietas con niveles bajos de Ca y P.

Al analizar Ca y P es recomendable obtener y analizar muestras de hueso, que son mas representativos y confiables.

Análisis de varianza para consumo de alimento.

VII.- LITERATURA CITADA

- Adeola, O., B. V. Lawrence, A. L. Sutton y T. R. Cline, 1995. Phytase-induced changes in mineral utilization in zinc-supplemented diets for pigs. *J. Anim. Sci.* 73: 3384-3391.
- Anónimo, 1998. Natuphos. The natural key to higher yields. Basf, Gist-brocades. BASF Aktiengesellschaft. Ludwigshafen, Germany.
- Anónimo, 2000. Bio-Feed Phytase. A new enzyme for animal feed. Novo Nordisk A/S, Denmark.
- AOAC, 1997 Official methods of analysis 15th Ed. Association of official analytical chemists. Washington D.C 1018 pp.
- Best, P. y C. Gill, 1998. New additive synergy ? Formic acid plus phytase for pigs. *Feed Management*, 49(8): 23-24.
- Chen, L. H. y S. H. Pan, 1977. Decrease of phytates during germination of pea seeds (*Pisum sativa*). *Nutr. Rep. Int.* 16:125-131.
- Crampton E.W; and Harris L.E. 1969. Applied animal nutrition. The use of feedstuffs in the formulation of livestock ration W.H Freeman editors
San Francisco USA. pp 56-86

- Cromwell, G. L., V. W. Hays, C. H. Chaney, and J. R. Overfield. 1970. Effects of dietary phosphorus and calcium level on performance, bone mineralization and carcass characteristics of swine. *J. Anim. Sci.* 31:519-525.
- Cromwell, G. L., Coffey R. D., Monegue H. J., Randolph 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., 1992. The biological availability of phosphorus in feedstuffs for pigs. *Pig News and Information.* 138(2), 75N-78N.
- Davies, M. I. y I. Motzok, 1972. Properties of intestinal phytase. *Poult. Sci.* 51:494-501.
- Düngelhoef, M. y M. Rodehutschord, 1995. Effects of phytases on the digestibility of phosphorus in pigs. *Übers. Tierernährg.* 23: 133-157.
- Fiske, C. H. y Ysubbarow. 1925. The Colorimetric Determination of Phosphorus. *J. Biol. Chem.* 66:375.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climatológico de Köppen. Segunda Edición. Instituto de Geografía. UNAM. México.
- 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.

- Gebert, S., G. Bee, H. P. Pfirter y C. Wenk, 1999. Growth performance and nutrient utilisation as influenced in pigs by microbial phytase and vitamin E supplementation to a diet of high oxidative capacity. *Ann. Zootech.* 48:105-115.
- Gibson, D. M. y A. B. J. Ullah, 1990. 6. 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.
- 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.
- Jongbloed, A. W., P. A. Kemme, 1990. Effect of pelleting mixed feeds on phytase activity and the apparent absorbability of phosphorus and calcium in pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 28: 233-242.
- Jongbloed, A. W., P. A. Kemme y Z. Mroz, 1996a. En: *Phytase in Animal Nutrition and Waste Management* (M. B. Coelho and E. T. Kornegay, eds.), pp. 393-400. BASF Corp., NJ. Citados por: Kornegay, E. T., 1999.
- Johnston, S. L. y L. L. Southern, 2000. Effect of Natuphos on bioavailability of energy and protein. *Proc. 47th Maryland Nutr. Conf.*, pp. 7-21.
- Kemme, P. A., A. W. Jongbloed, Z. Mroz y 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, Z. Mroz, J. Kogut y A. C. Beynen, 1999a. Digestibility of nutrients in growing-finishing pigs is affected by *Aspergillus niger* phytase, phytate and lactic acid levels. 1. Apparent ileal digestibility of amino acids. *Livestock Prod. Sci.* 58:107-117.
- Kemme, P. A., A. W. Jongbloed, Z. Mroz, J. Kogut y A. C. Beynen, 1999b. Digestibility of nutrients in growing-finishing pigs is affected by *Aspergillus niger* phytase, phytate and lactic acid levels. 2. Apparent total tract digestibility of phosphorus, calcium and magnesium and ileal degradation of phytic acid. *Livestock Prod. Sci.* 58:119-127.
- Kornegay, E. T., 1996. Phytase in poultry and swine phosphorus management. BASF Pre-Conference Symposium, Easter Nutr. Conf., pp. 71-113. Halifax, Canada.
- Kornegay, E. T., and H. R. Thomas. 1981. Phosphorus in swine. II. Influence of dietary calcium and phosphorus levels and growth rate on serum minerals, soundness scores and bone development in barrows, gilts and boars. *J. Anim. Sci.* 52:1049-1059.
- Kornegay, E. T., H. P. Veit, J. W. Knight D. R. Notter, H. S. Bartlett, and B.F. Calabotta. 1983. Restricted energy intake and elevated calcium and phosphorus intake for boars during growth. II. Foot and legmeasurements and toe and soundness scores. *J. Anim. Sci.* 57:1182-1199.

- Kornegay, E. T., J. S. Radcliffe y Z. Zang, 1998. BASF Tech. Symp., Carolina Swine Nutr. Conf., pp 125-155. Citados por: Kornegay, E.T., 1999.
- Laztity, R. and L. laztity. 1995. Phytic acid in Cereal technology. *In: Advances in Cereal Science and technology.* (Pomeranz, Y. ed.). American Association of Cereal Chemists. Pp. 309-372.
- 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.
- Li, D., X. Che, Y. Wang, C. Hong y P. A. Thacker, 1998. Effect of microbial phytase, vitamin D3, and citric acid on growth performance and phosphorus, nitrogen and calcium digestibility in growing swine. *Anim. Feed Sci. Technol.* 73: 173-186.
- Liu, J., D. W. Bollinger, D. R. Ledoux, M. R. Ellersieck y 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.
- Maga, J. A. 1982. Phytate: its chemistry, occurrence, Food interactions, nutritional significance, and methods of analysis. *J. Agr. Food Chem.* 30:1-9.
- Maenz, D. D. y H. L. Classen, 1998. Phytase activity in the small intestinal brush border membrane of the chicken. *Poult. Sci.* 77: 557-563.

- 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.
- NRC 1998 Nutrient Requirements of pigs 10th Ed. National Academy Press. Washington D.C. 189 p
- Näsi, J. M., E. H. Helander y K. H. Partanen, 1995. Availability for growing pigs of minerals and protein of a high phytase barley-rape seed meal diet treated with *Aspergillus niger* phytase or soaked with whey. *Anim. Feed Sci. Technol.* 56: 83-98.
- Officer, D. I. y E. S. Batterham, 1993. Enzyme supplementation of linola meal for grower pigs. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.* 19:288(Abstr.) Citados por: Biehl y Baker, 1996.
- Pallauf, J., D. Höler y G. Rimbach 1992a. Effekt einer Zulage an mikrobieller Phytase zu einer Mais-Soja-Diät auf die scheinbare Absorption von Mg, Fe, Cu, Mn und Zn sowie auf Parameter des Zinkstatus beim Ferkel. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 68: 1-9.
- Peo, E. R., Jr. 1976. Calcium in Swine Nutrition. West Des Moines, IA: National Feed Ingredient Association. 65 pp.
- Pointillart, A., 1994a. Phytates, phytases: leur importance dans l'alimentation des monogastriques. *INRA Prod. Anim. Nutr.* 68: 1-9.
- Pointillart, A., 1994b. The importance of cereal phytases. *Feed Mix*, 2(3): 12-15.

- Qian, H., E. T. Kornegay y D. E. Conner, Jr., 1996. Adverse effect 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. y E. T. Kornegay, 1998. Phosphorus equivalency value of microbial phytase in weanling pigs fed a maize-soybean meal based diet. *J. Anim. Feed Sci.* 7: 197-211.
- Radcliffe, J. S., E. T. Kornegay y D. E. Conner, 1995. The effect of phytase on calcium release in weanling pigs fed corn-soybean meal diets. *J. Anim. Sci.* 73(Suppl.1):173(Abstr.).
- Reddy, N. R., S. K. Sathe y D. K. Salunkhe, 1982. Phytates in legumes and cereals. *Adv. Food Res.* 28: 1-92.
- Rodehutsord, M., 1993. The effect of phytase availability of phosphorus in different ingredients in swine. *Proc. BASF Technical Symposium*, pp. 32-45. Raleigh, N. C.
- Shimada, Armando Miyasaka; 2003. *nutricion animal, Mexico, Trillas*. Pp 39.
- Sigma, 1990. Glucose (trinder). Quantitative, enzymatic determination of glucose in serum or plasma at 450nm. *Tech bull No. 541 Sigma chemical Co., St. Louis, 2 Mo.*
- Simons, P. C. M., H. A. J. Versteegh, A. W. Jongbloed, P. A. Kemme, P. Slump, K. E. Bos, M. G. E. Wolters, R. F. Beudeker y G. J. Verschoor, 1990. Improvement of phosphorus availability by microbial phytase in broilers and pigs. *Br. J. Nutr.* 64:525-540.

- Skoglund, E., T. Larsen y A-S. Sandberg, 1997. Comparison between steeping and pelleting a mixed diet at different calcium levels on phytate degradation in pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 77: 471-477.
- 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.).
- Steel R.G.D y Torrie J.H (1988) Principles and procedures of statistics. A biometrics Approach 2nd Ed. New York. Mc graw hill 622 p.
- West, A.C., F.A. Fassel y R.N. Kinsley. 1963. Calcium phosphate solute volatilization interference in flame spectrophotometry. *Anal. Chem.* 45:2420.
- Yi, Z. y E. T. Kornegay, 1996. Sites of phytase activity in the gastrointestinal tract of young pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 61: 361-368.
- Yi, Z., E. T. Kornegay, V. Ravindran, M. D. Lindemann y J. H. Wilson, 1996.

VIII.- ANEXOS

Anexo I : Análisis de varianza consumo de alimento.

	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento	1	0.006399	0.006399	1.9988	0.294
Error	2	0.006403	0.003201		
Total	3	0.012802			

C V = 2.61% E E = 0.040

Anexo II : Análisis de varianza para incremento de peso.

	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento	1	0.040804	0.040804	13.2091	0.066
Error	2	0.006178	0.003089		
Total	3	0.046982			

C V = 6.91 % E E =0.0393

Anexo III : Análisis de varianza para conversión alimenticia.

	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento	1	0.7569	0.7669	23.28	0.037
Error	2	0.0649	0.0324		
Total	3	0.8218			

C V = 5.41 % E E = 0.1275

Anexo IV : Análisis de varianza para relaciona de eficiencia proteica.

	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento	1	0.2970	0.2970	17.54	0.050
Error	2	0.0338	0.0169		
Total	3	03308			

C V = 6.97% E E = 0.091

Anexo V : Análisis de varianza para calcio en sangre.

	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento	1	445.187	445.187	0.3633	0.607
Error	2	2450.750	1225.375		
Total	3	2895.937			

C V = 7.58 % E E = 24.75

Anexo VI: Análisis de varianza para fósforo en sangre.

	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento	1	0.6668	0.6668	0.2790	0.648
Error	2	4.7806	2.3903		
Total	3	5.4475			

C V = 12.77 % EE = 1.093

