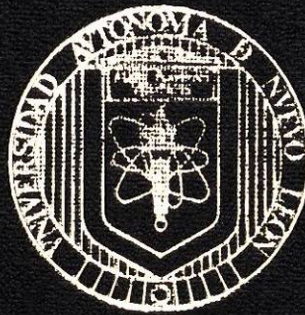


33

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO E IMPACTO
AMBIENTAL DE CERDOS EN CRECIMIENTO AL
ADICIONAR ENZIMA FITASA A LA RACION
DE FINALIZACION

TESIS:

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

PRESENTA

ENRIQUE AZAEL RUIZ CHAVEZ

MARIN, N. L.

FEBRERO DE 2002

TL
SF396
.5
.R8
2002
c.1



1080124511

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO E IMPACTO
AMBIENTAL DE CERDOS EN CRECIMIENTO AL
ADICIONAR ENZIMA FITASA A LA RACION
DE FINALIZACION

TESIS:

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

PRESENTA

ENRIQUE AZAEL RUIZ CHAVEZ

MARIN, N. L.

FEBRERO DE 2002



TL
SF396
.5
R8
2002



**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA**

**Comportamiento productivo e impacto ambiental de cerdos en
crecimiento al adicionar enzima fitasa a la ración de finalización**

**Tesis que presenta ENRIQUE AZAEL RUIZ CHÁVEZ como requisito
parcial para obtener el título de**

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA


APROBACIÓN DE TESIS:



**Dr. sc. agr. HUGO BERNAL BARRAGÁN
Asesor principal**



**Ph.D. JAVIER COLÍN NEGRETE
Coasesor**



**Ph. D. ERASMO GUTIÉRREZ ORNELAS
Coasesor**

Dedicatoria:

Con mucho cariño y respeto para quien debo el gusto por los animales y el campo, mi tío Félix Sáenz Vargas (†)

A mis Padres:

Enrique Ruiz Rangel

Margarita Chávez Vega

A mis Hermanos:

Martha Inés

Elsa Margarita

Isaías

Patricia Nohemí

Sanjuana (NANA)

A mi esposa:

Maria Teresa Sánchez

A mi hija:

Yolanda Margarita mi **1-1-10**

A mis sobrinos:

Rebeca, Jessica, Estefanía, Raisa, Adin, Benjamin,

Alejandro, Julio.

A mis Amigos:

Lenin Luna, Rubén Mendoza, José Reina y a todos los de las **PANTERAS NEGRAS**.

Agradecimientos:

A Dios por darme vida, salud y fuerza de voluntad para volver a ser estudiante y permitirme llegar a esta etapa en mi vida.

A mis asesores: Dr.sc. agr. Hugo Bernal Barragán

Ph.D. Javier Colin Negrete

Ph.D. Erasmo Gutiérrez Ornelas

por su valiosa asesoría, revisión y corrección de este trabajo.

A mis Padres por su amor, paciencia y comprensión.

A mis hermanos por su cariño, apoyo y consejos que siempre me han brindado.

Al Dr. Juan Fco. Villarreal Arredondo por compartirme sus conocimientos.

A los ingenieros: Adrián Rivera, Conrado Sepúlveda, Ernesto Espinosa, Javier Castillo, Raúl Hernández, César Ascacio, Leonel Crespo, Alfredo Peña, Silvestre Rodríguez, Neftalí Gómez. Por todas sus atenciones prestadas y por lo más importante: su amistad.

A mis compañeros y amigos: Ramón Estrada, Carlos Trujillo, al Sr. Hilario Muñoz en el Proyecto Porcino.

A la gente de la biblioteca, a las secretarias del Departamento Escolar.

A todas y cada una de aquellas personas que me apoyaron durante la carrera y en la realización de este trabajo.

ÍNDICE

	PÁGINA
1. Introducción	1
2. Revisión de literatura	3
2.1 Funciones de fósforo en cerdos.....	3
2.2 Requerimiento de fósforo para cerdos en finalización.....	4
2.3 Disponibilidad del fósforo en alimentos para cerdos	6
2.4 Utilización de enzima fitasa para mejorar la disponibilidad del fósforo en la ración.....	8
2.5 Impacto ambiental de la utilización de la enzima fitasa en la ración de cerdos en finalización	14
3. Materiales y métodos	16
3.1 Lugar de realización	16
3.2 Tratamientos	17
3.3 Trabajo de campo	19
3.3.1 Prueba de comportamiento de cerdos.....	19
3.3.2 Determinación del balance entre consumo y excreción fecal de fósforo	20
3.3.3 Calidad de la canal.....	21
3.4 Análisis económico.....	22
3.5 Variables a medir.....	22
3.6 Estadístico	23

4. Resultados	24
4.1 Condiciones climáticas en las que se desarrolló el experimento	24
4.2 Datos productivos de crecimiento en las diferentes etapas de evaluación	27
4.3 Efecto de tratamientos	33
4.3.1 Aumento diario de peso.....	33
4.3.2 Consumo de alimento.....	35
4.3.3 Conversión alimenticia	37
4.4 Diferencia Ingreso-Costo.....	39
4.5 Determinación del balance entre consumo y excreción fecal de fósforo.....	41
4.6 Calidad de la canal	44
5. Discusión y recomendaciones.....	47
6. Resumen.....	49
7. Bibliografía	51
8. Apéndice	55

ÍNDICE DE CUADROS

PÁGINA

Cuadro 1	Contenido de fósforo total y fósforo fítico en ingredientes utilizados para la alimentación de cerdos	7
Cuadro 2	Efecto de los niveles dietarios de fósforo y suplementación de fitasa, sobre el comportamiento productivo y la resistencia de huesos de cerdos en crecimiento-finalización	11
Cuadro 3	Crecimiento y consumo de alimento de cerdos con adición de fosfato o enzima fitasa a la ración basal	13
Cuadro 4	Composición (kg/ton) de raciones experimentales para evaluar el efecto de la enzima fitasa sobre el comportamiento productivo de cerdos en finalización.....	18
Cuadro 5	Consumo y excreción fecal de fósforo para cerdos en finalización (66 – 100 kg) alimentados con tres raciones experimentales.	41
Cuadro 6	Características de la canal (largo de canal y grasa dorsal) de cerdos asignados a tres dietas experimentales al momento de ser sacrificados.	44

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1	Molécula del ácido fítico (Hexafosfato éster de mioinositol)..... 6
Figura 2	Valores promedio semanales de temperaturas mínimas, máximas y promedio registradas durante el periodo experimental..... 24
Figura 3	Valores promedio semanales de humedad relativa mínima, máxima y promedio durante el periodo experimental..... 26
Figura 4	Promedios semanales de aumento diario de peso (kg) para cerdos en finalización (66-100 kg) recibiendo una dieta basal sin fosfato con 0.324 % de P, (T1), basal sin fosfato (0.324 % P) + fitasa (T2) , o con fosfato (0.521 % P) sin fitasa (T3). 29
Figura 5	Promedios semanales de consumo diario de alimento (kg/día) para cerdos en finalización (66-100 kg) recibiendo una dieta basal con 0.324 % de P sin adición de fosfato (T1), dieta basal sin fosfato (0.324 % P) + fitasa (T2) , o con fosfato (0.521 % P) sin fitasa (T3). 30
Figura 6	Promedios semanales de conversión alimenticia (kg de alimento/kg ADP) para cerdos en finalización (66-100 kg) recibiendo una dieta basal con 0.324 % de P sin adición de fosfato (T1), dieta basal sin fosfato (0.324 % P) + fitasa (T2) , o dieta con fosfato (0.521 % P) sin fitasa (T3). 32

Figura 7	Efecto de tratamientos para aumento diario de peso (kg) para cerdos en finalización (66-100 kg) recibiendo una dieta basal con 0.324 % de P sin adición de fosfato (T1), dieta basal sin fosfato (0.324 % P) + fitasa (T2) , o con fosfato (0.521 % P) sin fitasa (T3).	34
Figura 8	Efecto de tratamientos para consumo de alimento (kg/día) para cerdos en finalización (66-100 kg) recibiendo una dieta basal con 0.324 % de P sin adición de fosfato (T1), dieta basal sin fosfato (0.436 % P) + fitasa (T2) o con fosfato (0.521 % P) sin fitasa (T3).	35
Figura 9	Efecto de tratamientos para conversión alimenticia (kg de alimento/kg ADP) para cerdos en finalización (66-100 kg) recibiendo una dieta basal con 0.324 % de P sin adición de fosfato (T1), dieta basal sin fosfato (0.324 % P) + fitasa (T2) , o con fosfato (0.521 % P) sin fitasa (T3).	37
Figura 10	Diferencia ingresos menos costos de alimentación (\$/animal) para cerdos en finalización (66 a 100 kg) asignados a tres dietas con diferentes niveles de fósforo (0.324, 0.324 + fitasa,0.521) respectivamente para los tratamientos 1, 2 y 3.	39

1. Introducción

Una de las preocupaciones siempre presentes en cualquier explotación porcina es el aprovechar al máximo todos y cada uno de los ingredientes que forman parte de la ración, ya que solo así se podrá tener una nutrición adecuada y obtener parámetros productivos aceptables que se reflejen en un producto de alta calidad disponible para el mercado. La eficiencia en el aprovechamiento de los nutrientes además, permite disminuir las excreciones de elementos que resultan contaminantes para las tierras y aguas circundantes a las explotaciones porcinas.

Para obtener los resultados deseados, el aporte nutritivo de una ración debe ser excelente para cumplir con todos y cada uno de los requerimientos según la etapa de crecimiento del cerdo.

La utilización de enzimas en las raciones eleva la biodisponibilidad de nutrientes tales como minerales y aminoácidos. En el caso particular del fósforo contenido en los ingredientes vegetales, su disponibilidad es muy baja, en ausencia de la enzima que ayuda a liberarlo de la molécula de ácido fítico que lo contiene.

Al adicionar la enzima fitasa, a la dieta de cerdos, se ayuda a aumentar el aprovechamiento del fósforo contenido en los ingredientes, con ello se espera lograr una mejora del resultado económico de la producción de carne de cerdo. Además se espera que la adición de enzima fitasa a la dieta de cerdos en crecimiento contribuya a disminuir el impacto ambiental ocasionado por el fósforo excretado.

El presente experimento se realizó para evaluar el crecimiento, así como la excreción de fósforo al ambiente, de cerdos desde los 65 a los 100 kg, alimentados con raciones que difieren en el contenido y fuente de fósforo (vegetal y/o de fuente mineral), así como en la adición o no de enzima fitasa.

Objetivos:

- a) Evaluar los parámetros productivos de aumento diario de peso, conversión alimenticia, calidad de la canal y diferencia ingreso – costo de cerdos alimentados con dietas experimentales de reducido contenido de fósforo y adicionadas con enzima fitasa.
- b) Calcular la digestibilidad del fósforo en dietas para cerdos en finalización (65 a 100 kg) al adicionar enzima fitasa a su dieta.
- c) Evaluar la reducción de la excreción de fósforo en las heces de cerdos alimentados con dietas de menor contenido de fósforo, y por adición de enzima fitasa a la ración.

Hipótesis:

- a) La adición de enzima fitasa a la dieta, mejora los parámetros productivos de cerdos en finalización (65 a 100 kg), alimentados con dietas de bajo contenido de fósforo.
- b) El uso de la enzima fitasa en la ración de cerdos en finalización aumenta la disponibilidad del fósforo contenido en sorgo y harina de soya, y reduce su excreción fecal al medio ambiente.

2.- Revisión de literatura

2.1 Funciones de fósforo en cerdos

El fósforo representa un elemento mineral de gran importancia para la adecuada alimentación de los cerdos en crecimiento, debido a su participación en estructuras del cuerpo animal y en procesos fisiológicos.

De acuerdo a McDowell (1993) el 80 % del fósforo (P) presente en el organismo se localiza en los huesos y en los dientes del animal. Aproximadamente 20 % del P en el cuerpo no es parte del esqueleto, sino que está distribuido entre los tejidos blandos, concentrado especialmente en los glóbulos rojos y en los tejidos musculares y nerviosos. Loeffler (1983) menciona que el contenido de fósforo y calcio en huesos es de 9.4 y 19.9 %, respectivamente.

El fósforo forma parte de la estructura de la membrana celular, en las dos capas de fosfolípidos donde se distribuyen asimétricamente las proteínas integrales o globulares (Harper, 1994). En el núcleo de cada célula, el fósforo está presente como parte estructural del material genético, ya que los nucleótidos son formados por bases púricas y pirimídicas, moléculas de carbohidratos y fósforo (Harper, 1984). El fósforo juega un papel determinante en procesos de almacenamiento y transferencia de energía, ya que las reacciones bioquímicas que tienen lugar en la célula utilizan la energía presente en los compuestos de Trifosfato de Adenosina (ATP).

El fósforo participa además como amortiguador del pH de la sangre y otros fluidos, así como en muchos sistemas enzimáticos y en el metabolismo de las proteínas (Mc Dowell, 1992).

La participación del fósforo en estos procesos fisiológicos, determina la importancia de este elemento mineral en crecimiento, reproducción y mantenimiento de la salud de los animales domésticos.

2.2 Requerimiento de fósforo para cerdos en finalización

En investigaciones realizadas por grupos de trabajo de diferentes países, se han establecido recomendaciones para el suministro de fósforo a los cerdos en sus diferentes etapas.

De acuerdo al NRC (1998) la dieta de cerdos en crecimiento-finalización debe contener 0.50 % P para cerdos de 20 kg de peso. A partir de 50 kg de peso se establece un requerimiento 0.45 % de fósforo total. Cromwell *et al.* (1993) reportaron un contenido adecuado de fósforo en la ración de 0.50 % y 0.40 %, para cerdos en crecimiento y finalización respectivamente. Para cerdos de 80 kg de peso y hasta su sacrificio, se establece un requerimiento de 0.40 % de fósforo total (NRC, 1998).

Sin embargo en un estudio realizado en la Universidad de Noruega se utilizó una ración con 0.69 % de fósforo total, para cerdos machos castrados de entre 40 y 80 kg de peso (Bruce y Sundstol, 1995). Kemme *et al.* (1997) reportaron un estudio con cerdos en crecimiento-finalización a los cuales

ofrecieron dietas con 0.48 % de fósforo total expresado en base tal como ofrecido.

O'Quinn *et al.* (1997) reportaron contenidos de 0.40 % de fósforo total como adecuados para maximizar el comportamiento en crecimiento y calidad de la canal en cerdos de entre 50 y 80 kg de peso. Del fósforo total contenido en la dieta, un 20 % fue aportado con la inclusión de fosfato dicálcico.

En estudios de alimentación de cerdos en finalización realizados en la Facultad de Agronomía de la UANL por Cancino (2000), se utilizaron raciones con 0.50 a 0.60 % de fósforo para cerdos de entre 62 y 100 kg de peso, los cuales tuvieron aumentos de peso de entre 1.000 y 1.100 kg/día, así como una conversión alimenticia de entre 2.88 y 3.05:1, dependiendo del nivel de energía y aminoácidos al que fueron asignados los cerdos utilizados en el experimento. En otro estudio llevado a cabo en la misma facultad González (2000) proporcionando raciones con 0.60 % de fósforo a cerdos de entre 65 y 95 kg de peso, reportó aumentos diarios de peso de 0.910 y 1.010 kg/día, y una conversión alimenticia de entre 3.48 y 3.75:1, dependiendo del nivel de energía y aminoácidos al que fueron asignados los cerdos utilizados en el experimento. Calcio y fósforo en una relación de entre 1:1 y 3:1 son necesarios para el adecuado desarrollo del sistema esquelético (NRC,1998) , en el caso de un suministro adecuado de vitamina D.

2.3 Disponibilidad del fósforo en alimentos para cerdos

Del fósforo contenido en los alimentos de origen vegetal, una gran cantidad está presente en forma de fósforo fítico (Cervantes, 2000). El fósforo contenido en la molécula del ácido fítico (Hexafosfato éster de mioinositol, Figura 1) es muy poco disponible en ausencia de la enzima que lo libere.

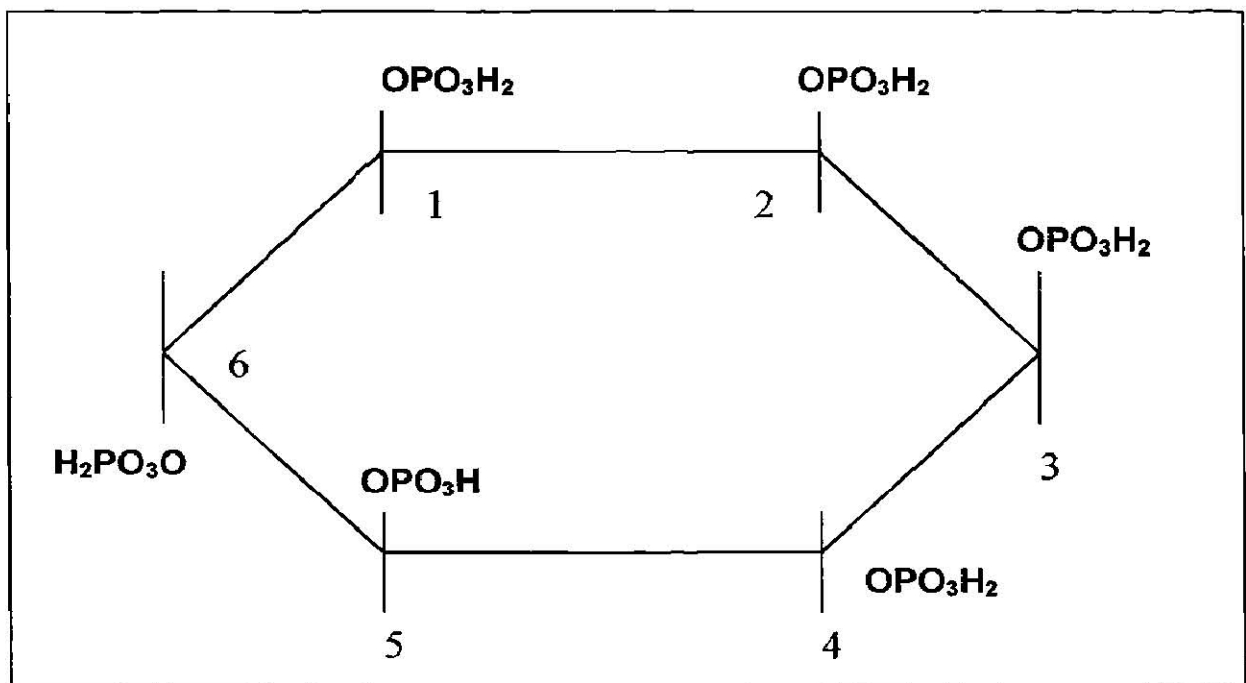


Figura 1 Molécula del ácido fítico (Hexafosfato éster de mioinositol)

Los fitatos son considerados como factores antinutricionales que reducen la disponibilidad de otros minerales tales como Calcio, Zinc, Magnesio y Hierro, así como la de proteínas y aminoácidos (Cervantes, 2000).

Cromwell y Coffey (1991) reportaron que la mayor parte del fósforo contenido en alimento de origen vegetal está ligado al ácido fítico y es por lo tanto muy poco disponible para los cerdos en crecimiento (Cuadro 1).

Cuadro 1 Contenido de fósforo total y proporción de fósforo fítico en ingredientes utilizados para la alimentación de cerdos (Cromwell y Coffey, 1991).

Ingrediente	P total (%)	P-fitado (% P total)
Maíz	0.26	66
Sorgo	0.32	68
Cebada	0.34	56
Trigo	0.30	67
Avena	0.34	56
Pasta de soya	0.30	61
Harinolina	1.07	70
Salvadillo de trigo	0.47	74
Salvado de trigo	1.37	70
Harina de alfalfa	0.30	0

Para el maíz y sorgo se reportaron valores de entre 10 y 15 % de disponibilidad. La harina de soya contiene fósforo disponible en 25-30 %. Para el caso del trigo se estima una disponibilidad de 50 % (Cromwell, 1991).

2.4 Utilización de enzima fitasa para mejorar la disponibilidad del fósforo en la ración

Con el fin de mejorar la utilización del fósforo contenido en los ingredientes utilizados para la alimentación de cerdos, y por lo tanto reducir la excreción de fósforo en heces y orina, fue necesario desarrollar la tecnología para producir enzima fitasa de origen microbiano (Kemme *et al.*, 1997). **Ronozyme™ P** (Roche, Francia) es un producto formulado con una enzima fitasa derivada de *Peniophora lycii* y producida por fermentación de un *Aspergillus oryzae*, (Roche, 2000). De acuerdo a Roche (2000) y BASF (2001), una unidad fitasa (FTU) se define como la cantidad de enzima que, bajo condiciones estándar (pH 5.5 y 37°C), libera 1 μmol de fosfato inorgánico a partir de 0.0051 moles de fitato de sodio por minuto.

La adición de enzima fitasa de origen microbial a dietas de cerdos en crecimiento a partir de 30 kg, aumentó la disponibilidad de fósforo en maíz de 18 a 56 %. Para los casos de trigo, este valor aumentó de 62 a 74 %, y de 52 a 67 % en triticale (Düngelhoef *et al.*, 1994).

En experimentos realizados utilizando lechones, cerdos en crecimiento-finalización, y cerdas multíparas gestantes o lactantes, la suplementación de 500 unidades de fitasa por kg de alimento tuvo efectos positivos sustanciales sobre la digestibilidad de fósforo, de manera que se redujo la excreción de este mineral y por lo tanto, la contaminación ambiental, sin afectar el comportamiento productivo o reproductivo de los animales (Kemme *et al.*, 1997).

Bruce y Sundstol (1995) adicionaron de 320 a 487 unidades de fitasa por kg de alimento a raciones de cerdos a base de avena, y reportaron un aumento de entre 20 y 27 % en la digestibilidad ileal del fósforo respecto a las dietas testigo. Los valores correspondientes a la digestibilidad fecal del fósforo tuvieron una mejora de entre 18 y 24 % respecto al testigo.

Para cerdos en crecimiento y finalización, Cromwell *et al.* (1995) evaluaron el efecto de cantidades crecientes, 0, 250, 500, y 1000 unidades de enzima fitasa/kg de alimento, de enzima fitasa de una cepa recombinante de *Aspergillus niger*, adicionada a dietas deficientes en fósforo con contenido de 0.35 % de fósforo para cerdos en crecimiento desde 23 a 60 kg de peso, y de 0.30 % de fósforo para cerdos en finalización hasta 104 kg de peso. Como referencia se utilizaron los datos de cerdos alimentados ya sea con un contenido adecuado, 0.50 % para crecimiento y 0.40 % para finalización, o con contenido marginal de fósforo de 0.425 % para crecimiento, y 0.35 % de fósforo para finalización.

El aumento de peso y la eficiencia alimenticia así como la resistencia de los huesos, fueron reducidos entre 15 y 30 % por efecto de una disminución del contenido de fósforo de 0.50 a 0.35 % en la dieta (Cromwell *et al*, 1995). La adición de enzima fitasa a la ración con contenido inadecuado de fósforo, pudo amortiguar parcialmente esas disminuciones; sin embargo, tanto el aumento de peso, como la conversión alimenticia de los cerdos suplementados con fitasa en raciones deficientes de fósforo, fueron inferiores a los datos obtenidos con cerdos, cuya dieta tenía un contenido adecuado de fósforo (Cuadro 2).

Cuadro 2 Efecto de los niveles dietarios de fósforo y suplementación de fitasa, sobre el comportamiento productivo y la resistencia de huesos de cerdos en crecimiento-finalización. (Cromwell *et al*, 1995).

Dieta							
P en crecimiento	%	0.50	0.425	0.35	0.35	0.35	0.35
P en finalización	%	0.40	0.350	0.30	0.30	0.30	0.30
Unidades fitasa/kg		—	—	—	250	500	1000
<hr/>							
Aumento diario de peso	kg	0.877	0.834	0.716	0.730	0.783	0.798
Consumo diario de alimento	kg	2.87	3.0	2.68	2.68	2.83	2.81
Consumo/ganancia		3.23	3.59	3.74	3.67	3.62	3.52
Resistencia de huesos *	kg	183	175	127	150	168	1.84

*Metacarpianos y metatarsianos, a quebradura por carga mecánica aplicada al hueso en un espacio de 3.5 cm, a una velocidad de 5 mm por minuto.

Comparado con 8.49 g de fósforo excretados por día por los animales alimentados con una dieta de contenido adecuado de fósforo (0.40 %), la excreción de este mineral se redujo hasta 6.69 y 5.82 g P/día, como resultado del incremento del nivel de fitasa adicionada a la dieta experimental con un contenido reducido (0.30 %) de fósforo (Cromwell *et al*, 1995).

Para cerdos de 50-118 kg de peso vivo, O'Quinn *et al.* (1997) utilizaron alimento testigo consistente en una dieta basal suplementada con 0.08 % y 0.04 % de fósforo inorgánico, a partir de fosfato dicálcico, para la fase de 50-80 kg, y de 80-118 kg de peso vivo, respectivamente. Como ración experimental estos autores utilizaron la dieta basal de sorgo y harina de soya, sin suplementación de fósforo inorgánico o adicionadas con 300 o 500 unidades fitasa/kg . La adición de fósforo inorgánico a la dieta basal mejoró el aumento de peso durante la fase de 50-80 kg, pero no en el intervalo de pesos de 80-118 kg. Durante el ensayo completo, la suplementación de fósforo inorgánico mejoró el aumento de peso. La adición de fitasa mejoró linealmente el aumento de peso y el consumo de alimento de los cerdos de 50 -118 kg de peso vivo (Cuadro 3).

Cuadro 3 Crecimiento y consumo de alimento de cerdos con adición de fosfato o enzima fitasa a la ración basal (O'Quinn *et al.*, 1997)

		Testigo	Fitasa, unidades/kg		
			0	300	500
50-80 kg peso vivo					
Aumento de peso	(kg/día)	1.02	0.93	1.01	1.04
Consumo de alimento	(kg/día)	3.03	2.97	3.01	3.09
Ganancia:consumo		0.34	0.31	0.34	0.34
80-118 kg peso vivo					
Aumento de peso	(kg/día)	0.93	0.90	0.95	0.97
Consumo de alimento	(kg/día)	3.52	3.41	3.51	3.61
Ganancia:consumo		0.26	0.27	0.27	0.27
Acumulado					
50-118 kg peso vivo					
Aumento de peso	(kg/día)	0.97	0.91	0.98	1.00
Consumo de alimento	(kg/día)	3.32	3.21	3.29	3.38
Ganancia:consumo		0.29	0.29	0.30	0.30

Resultados de diferentes investigaciones indican que la fitasa es efectiva para mejorar la biodisponibilidad de fósforo fítico para los cerdos. Basados en comparación de las respuestas lineales a la suplementación de fósforo inorgánico y a la adición de fitasa, Cromwell *et al* (1995) calcularon que por cada 100 unidades de fitasa incluidas por kg de dieta, se puede reducir el nivel de fósforo inorgánico en 0.0085 unidades porcentuales.

2.5 Impacto ambiental de la utilización de enzima fitasa en la ración de cerdos en finalización

Para sistemas de producción con alta densidad de animales por unidad de superficie, tal como el caso específico de los holandeses, las emisiones de N, P y K son factores limitantes para regular la producción agropecuaria y específicamente de cerdos (Kempe *et al.*, 1997; Poulsen *et al.*, 1994)

De acuerdo a de Boer *et al.* (1997) el promedio nacional de excreción de N, P y K en 1990, incluyendo lavado, escorrentía y/o desnitrificación, fue calculada en 223.5 kg/ha de N, 32.7 kg/ha de P y 67 kg/ha de K. El problema medioambiental que surge al presentarse una excesiva acumulación de fósforo en el suelo, tiene que ver con la contaminación del agua. El lavado de fósforo soluble y adsorbido a sedimentos puede poseer peligros potenciales a la calidad del agua superficial al promover el crecimiento de algas y hierbas acuáticas, acelerando con esto el proceso de envejecimiento de lagos y otros cuerpos de agua (Bosch *et al.*, 1998).

Por ello, las medidas tendientes a mejorar la utilización de los nutrientes naturales en los alimentos para cerdos, ayudan a reducir la excreción excesiva de los mismos, que causa contaminación ambiental.

La descomposición de material vegetativo desarrollado en exceso debido a un aporte alto de fósforo al agua, conduce a un deterioro general de su calidad. Este proceso llamado eutroficación, consiste en cambios físicos, químicos y biológicos, que tienen lugar después de que un lago recibe ingresos de nutrientes y cieno de la tierra circundante, como resultado de la erosión natural y el escurrimiento durante un largo tiempo (Miller, 1994).

La utilización de fitasa en el alimento de cerdos reduce el contenido de fósforo en el excremento, y la cantidad de superficie arable necesaria para el depósito de excretas porcinas, sin riesgo de provocar contaminación por fósforo (Bosch *et al.*, 1998).

3. Materiales y métodos

3.1 Lugar de realización

El presente trabajo se llevó a cabo en la Estación Experimental del Centro Genético Porcino de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, en el municipio de Marín, Nuevo León, a una Latitud N 25° 53', Longitud W 100° 02' y altitud de 410 msnm (INEGI, 1983). Su clima es cálido-seco y la temperatura media anual es de 21° C con temperaturas extremas de -3 a 41.5° C en invierno y verano, respectivamente. La precipitación media anual es de 498 mm (Estación de observación meteorológica FAUANL en Marín, N.L.).

El presente trabajo se inició el día 14 de diciembre de 2000 con la evaluación experimental de las dietas que terminó el 18 de enero de 2001, o sea una duración de 35 días en la época de invierno. Posteriormente se llevaron a cabo análisis de laboratorio y la evaluación estadística de los datos, finalizando estos trabajos el 18 de mayo de 2001.

Durante este tiempo el registro de temperatura y humedad relativa se realizó diariamente con un termómetro-higrómetro digital (Delta Trak) ®. Para ambos parámetros se registraron los valores mínimos y máximos diarios. La temperatura se midió con una división mínima de 0.1 °C, mientras que la humedad relativa fue registrada sin decimales. De acuerdo al fabricante, la temperatura en el rango de -10 a 50 °C se registra con una exactitud de ± 5 %

(® Delta Trak, marca registrada, CA, USA).

3.2 Tratamientos

Se probaron 3 raciones experimentales que difirieron en su contenido de fósforo, y/o en la inclusión, de enzima fitasa. El tratamiento 1 consistió en una dieta basal sin adición de fosfato ni de enzima fitasa. El tratamiento 2 consistió en la dieta basal, pero adicionada con enzima fitasa (**RONOZYME™ P**) a razón de 300 g/ton. (750 FTU/kg alimento). El tratamiento 3 consistió en una dieta convencional para finalización de cerdos, con la inclusión de fosfato monocálcico a razón de 9.4 kg/ton. La composición de las raciones experimentales se muestra en el cuadro 4.

Cuadro 4 Composición (kg/ton) de raciones experimentales para evaluar el efecto de la enzima fitasa sobre el comportamiento productivo de cerdos en finalización.

		T1	T2	T3
	Precio (\$)	Dieta basal	Dieta basal + fitasa	Dieta basal + fosfato
		(kg)	(kg)	(kg)
Sorgo	1.18	799.80	816.20	788.67
Harina de soya	2.70	158.00	155.00	161.00
Sebo de res	2.80	22.00	11.00	25.00
Lisina HCL	17.00	0.30	0.38	0.23
Sal	1.45	4.00	4.00	4.00
Fosfato monocálcico	3.25	—	—	9.40
Carbonato de calcio	0.90	12.60	9.80	8.40
Sulfato de cobre	12.60	0.50	0.50	0.50
Premezcla vitaminas y minerales. ^a	13.95	2.50	2.50	2.50
BMD al 11 % ^b	41.50	0.30	0.30	0.30
Fitasa RONOZYME TM P ^c	83.60	—	0.30	—
Total (kg)		1,000.00	1,000.00	1,000.00
Precio/kg (\$)		1.51	1.51	1.54
Análisis calculado				
Energía metabolizable	Mcal/kg	3.254	3.251	3.251
Proteína	%	14.495	14.512	14.526
Lisina	%	0.659	0.659	0.660
Metionina + Cistina	%	0.461	0.463	0.462
Treonina	%	0.520	0.519	0.522
Triptofano	%	0.170	0.170	0.171
Calcio	%	0.550	0.553	0.551
Fósforo	%	0.324	0.324	0.521

a) Megavit cerdos de engorda 2.5; Contenia lo siguiente: 6,500,000 UI de Vitamina A, 1,500,000 UI de Vitamina D3, 15,000 UI de Vitamina E, 2.00 g de Vitamina K3, 0.50 g de Tiamina (B1), 4.00 g de Riboflavina (B2), 1.50 g de Piridoxina (B6), 15.00 mg de Vitamina B12, 20.00 g de Niacina, 8.00 g de Acido Pantoténico, 250.00 g de Cloruro de Colina, 40.00 g de Antioxidante, 30.00 g de Manganeso, 55.00 g de Zinc, 50.00 g de Hierro, 5.00 g de Cobre, 0.30 g de Yodo, 0.20 g de Selenio, 0.10 g de Cobalto, Excipiente c.b.p. 2,500.00 g.

b) Bacitracina Metileno Disalicilato al 11 %.

c) Marca Registrada, actividad = 2,500 unidades fitasa/g (FTU/g)

Las raciones experimentales fueron elaboradas en la planta de alimentos de la FAUANL, en Marín, N.L, utilizando una mezcladora horizontal de listones con una capacidad de 100 kg. Los ingredientes mayoritarios fueron pesados en una báscula con capacidad de 500 kg (división mínima 200 g). Los ingredientes minoritarios (vitaminas, minerales, aminoácidos y antibiótico) fueron pesados en una báscula digital con capacidad de 20 kg (división mínima 5 g).

Se utilizó la enzima fitasa **RONOZYME™ P** (Roché, Francia). Las especificaciones técnicas (ver Apéndice) lo definen con una actividad mínima de 2,500 FTU/g.

3.3 Trabajo de campo

3.3.1 Prueba de comportamiento de cerdos

Se utilizaron 21 cerdos cruzados de las razas Yorkshire/Landrace x Hampshire y/o Duroc, con un peso inicial de 66.4 kg y una edad promedio de 143 días, los cuales fueron asignados completamente al azar a uno de tres tratamientos. Fueron alojados individualmente en jaulas de 1.50 m de ancho por 2.20 m de largo, con piso de cemento. El alimento se ofreció a libre acceso en comederos individuales de tolva. El agua estuvo disponible a libre acceso por medio de un bebedero de chupón para cada jaula.

Se registró el alimento ofrecido diariamente a cada animal, pesándolo en una báscula digital con capacidad de 50 kg (división mínima 10 g). Los jueves de cada semana se registró el alimento rechazado.

En caso de ser necesario, y para evitar acumulación de alimento viejo o húmedo, se retiraba y se pesaba el alimento entre semana.

Los animales fueron pesados cada 7 días en una báscula ganadera con capacidad de 500 kg (división mínima 200 g), realizando este trabajo los jueves de cada semana aproximadamente a la misma hora (1100 h).

3.3.2 Determinación del balance entre consumo y excreción fecal de fósforo

En la cuarta semana del experimento se realizó un trabajo para hacer el balance entre consumo y excreción fecal de fósforo. Para ello se determinaron el consumo diario de alimento promedio de esa semana (Ver cap. 3.3.1) y la excreción fecal de los cerdos en 24 horas, del jueves al viernes de esa semana.

Para determinar la cantidad de heces, éstas se recolectaron cuantitativamente (recolección total) en la jaula individual donde se alojaban los animales. Para ello fue necesaria la observación continua de los animales a partir del día 11 de enero de 2001, iniciando a las 1030 h, y hasta el día 12 de enero de 2001 a las 1030 h. Al frente de cada una de las jaulas de los animales se colocaron botes con una bolsa de polietileno y tapa.

La recolección se realizaba conforme el animal excretaba, utilizando un guante de plástico para colocar la porción excretada en su bote correspondiente. Minimizando así una contaminación indeseada de fósforo urinario en el excremento.

Al finalizar la recolección, las bolsas de los botes se identificaron según el animal y el corral al que pertenecían. Enseguida se registro el peso y se mezcló el excremento dentro de su bolsa para obtener una muestra representativa, de entre 0.60 kg y 1.00 kg de cada bolsa. Éstas fueron llevadas al laboratorio de Bromatología y almacenadas a -20°C para su posterior análisis. Estas muestras de heces así como una muestra de alimento de cada dieta, fueron analizadas para determinar su contenido de fósforo, por el método fotométrico, utilizando el reactivo de molibdovanadato (A.O.A.C, 1990; Apéndice).

3.3.3 Calidad de la canal

Al término de la prueba experimental se sacrificaron 5 cerdos por tratamiento y se realizaron mediciones del largo de canal (cm) y de la cobertura de grasa dorsal (cm), de acuerdo a los procedimientos sugeridos por Tapia y Olivares (1993), así como por Cuarón *et al.* (1992). El largo de canal fue medido con una cinta metálica, desde la 1ª vértebra dorsal, en la unión con la primera costilla, hasta el hueso de la cadera (o coxal). El espesor de la grasa dorsal se calculó como el promedio de 3 mediciones realizadas a la altura de la primera costilla, de la última costilla, y de la última vértebra lumbar (Tapia y Olivares, 1993; Cuarón *et al.*, 1992).

3.4 Análisis económico

El beneficio económico de los tratamientos probados se evaluó para la etapa de 66-100 kg, utilizando para cada unidad experimental los datos productivos de crecimiento obtenidos. Los precios considerados para los ingredientes fueron los vigentes al 18 de enero de 2001 (Cuadro 1). Para el cerdo en pie, se consideró un precio de \$ 11.50/kg. El cálculo realizado consistió en restar el costo de alimentación para el periodo completo, al ingreso obtenido por venta de cerdo producido durante la evaluación.

3.5 Variables a medir

Los datos registrados durante el experimento fueron utilizados para calcular las variables en forma semanal y por el periodo experimental completo. Las variables fueron :

1. Peso corporal (kg).
2. Aumento diario de peso (ADP, kg/día).
3. Consumo promedio de alimento (kg/día).
4. Conversión alimenticia, calculada como la relación entre el consumo de alimento (kg) y el aumento de peso (kg).
5. Diferencia ingreso – costo
6. Características de la canal: largo de canal (cm) y espesor promedio de grasa dorsal (cm).
7. Excreción fecal de fósforo (g/día)

3.6 Estadístico

El diseño del experimento fue completamente al azar con 3 tratamientos, teniendo cada uno de ellos 7 repeticiones. En el caso de las características de la canal se tuvieron 5 repeticiones por tratamiento. Los datos de las variables evaluadas fueron sometidos a un análisis estadístico utilizando el paquete de diseños experimentales (Olivares, 1995) versión 2.5, de la Facultad de Agronomía.

El modelo estadístico utilizado fue:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

$$i = 1, 2, 3$$

$$j = 1, 2, 3, \dots, 7$$

Donde:

Y_{ij} = es la observación del tratamiento i en la repetición j

μ = es el efecto verdadero de la media general

T_i = es el efecto del i -ésimo tratamiento

E_{ij} = es el error experimental

4. Resultados y discusión

4.1 Condiciones climáticas en las que se desarrolló el experimento

La prueba de comportamiento se llevó a cabo en los meses de diciembre de 2000 y enero de 2001. Las condiciones climáticas de temperatura y humedad relativa registradas durante el experimento son presentadas en forma de promedio semanal en las figuras 2 y 3.

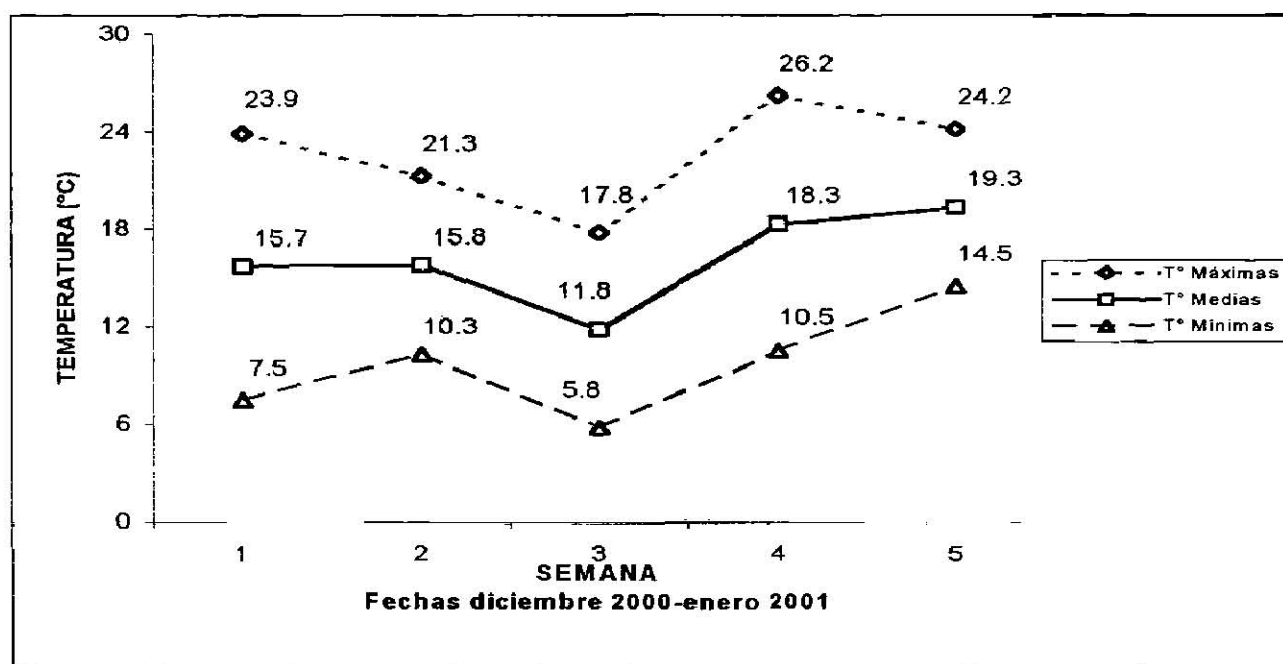


Figura 2 Valores promedio semanales de temperaturas mínimas, máximas y medias registradas durante el periodo experimental.

Las temperaturas medias fueron, para la semana 1 de 15.7°C. Posteriormente se presentó una tendencia hacia un descenso hasta 11.8°C en

la semana 3, y durante la semana 5, la temperatura aumentó hasta 19.3°C.

Las temperaturas mínimas fueron de 7.5°C para la semana 1, 5.8°C para la semana 3 y 14.5°C para la semana 5. Las temperaturas máximas fueron de 23.9°C para la semana 1, 17.8°C para la semana 3 y 24.2°C para la semana 5 (Fig. 2), respectivamente.

Los promedios generales de las temperaturas mínimas, máximas y medias registradas diariamente durante el tiempo en el que se realizó el experimento fueron de 9.7, 22.0 y 16.3°C respectivamente.

La temperatura mínima extrema registrada durante el experimento fue de 6.6°C el día 2 de enero de 2001. La temperatura máxima extrema se registró el día 8 de enero de 2001 con 24.8°C (Fig. 2).

El presente experimento se llevó a cabo en condiciones de temperatura más baja que los trabajos de investigación realizados con anterioridad en la Facultad de Agronomía con cerdos en la misma etapa de crecimiento (65-95 kg). Cancino (2000) llevó a cabo la evaluación de crecimiento de cerdos de la última repetición de su experimento entre el 29 de octubre y 26 de noviembre con temperaturas promedio de 20.6 °C. González (2000) realizó una prueba experimental entre el 11 de febrero y 11 de marzo con temperaturas promedio de 22.5 °C. La temperatura promedio del presente experimento fue con 16.3 °C, 4 a 6 °C menos que la de los trabajos anteriores.

El servicio meteorológico nacional reporta para el estado de Nuevo León la temperatura más baja del año (8.9 y 9.9°C) en los meses de diciembre y enero (CNA, 2001)

La humedad relativa promedio osciló durante el periodo experimental entre valores de 62.5% y 70.1%. Los promedios semanales de humedad relativa mínima oscilaron entre 39.4% y 50.3%. Los promedios semanales de humedad relativa máxima oscilaron entre 78.3% y 90.9% (Fig. 3).

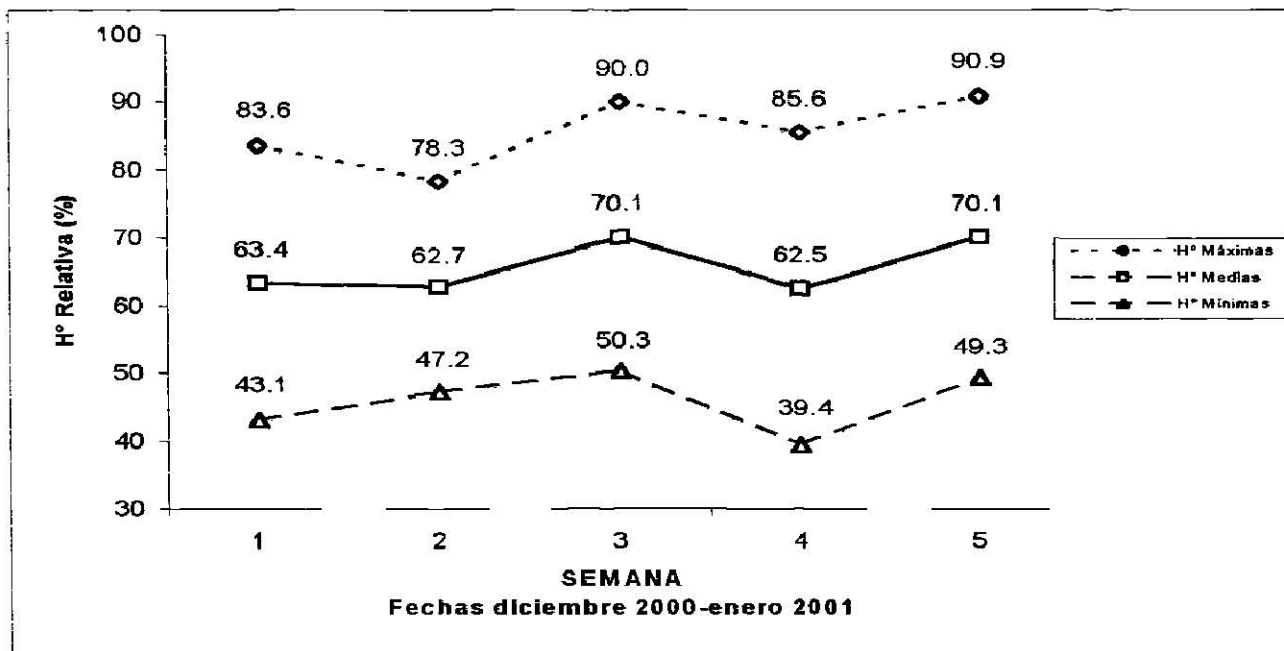


Figura 3 Valores promedio semanales de humedad relativa mínima, máxima y media durante el periodo experimental.

Durante el período experimental, el promedio general de humedad relativa mínima fue de 46.5 % y la máxima fue de 86.0 %. La humedad promedio general fue del 66.2 % (Fig. 3). González (2000) para los meses de febrero y marzo de 1999, registró una humedad relativa mínima de 28 %, máxima de 72 % y promedio de 50 %. El presente trabajo se desarrolló en condiciones de humedad mayores a las de González (2000).

4.2 Datos productivos de crecimiento en las diferentes semanas de evaluación

En el presente experimento se utilizaron 21 cerdos en la fase de finalización, entre los 66 y 100 kg de peso. Las medias generales de crecimiento fueron: Aumento de peso (ADP) = 0.934 kg/día, consumo de alimento (CA)= 3.78 kg/día y una conversión alimenticia (CVA) de 4.07. Los ADP y CVA obtenidos fueron en general 10-15 % menos favorables a los reportados por Cancino (2000) para animales de peso similar. Una posible explicación al respecto puede tenerse por las condiciones ambientales en que se desarrolló el trabajo, ya que la presente evaluación se realizó durante el periodo más frío del año en Marín., N.L. López *et al.* (1991) reportan que temperaturas menores de 20 °C afectan el crecimiento y la eficiencia de la utilización de los alimentos de cerdos en finalización. Sin embargo, parte de la explicación para los datos obtenidos, en comparación con los autores mencionados se puede deber al efecto de los tratamientos aplicados. El fósforo participa en procesos de metabolismo energético (Mc Dowell, 1992), por lo que la deficiencia de este elemento en las dietas de los tratamientos 1 y 2 puede haber determinado una baja en el comportamiento productivo de los cerdos.

El consumo alto de la quinta semana pudo haber contribuido a una conversión alimenticia menos favorable en el presente trabajo.

El aumento de peso de los animales varió durante el experimento, mostrando los valores más altos ($P < 0.01$) para los tres tratamientos (1.053, 1.047, 1.027, respectivamente) durante la primera semana (Fig. 4). En la 2ª semana se registró el menor promedio general de ADP ($P < 0.01$) de los animales en el estudio (853 g/día), influyendo para ello, sobre todo el ADP del tratamiento 1, 0.722 kg/día, ya que el de los tratamientos 2 y 3 fue de 0.908 y 0.929 kg/día, respectivamente. A partir de entonces y hasta el final del experimento los valores de ADP de los animales, variaron en un rango de entre 830, en el caso de los animales del tratamiento 1 en la tercera semana y 1000 g/día (Fig. 4) registrado para el tratamiento 3 en la quinta semana.

Cancino (2000) reportó una tasa decreciente de ADP, con valores de 1.391 kg/día durante la primera semana hasta 0.834 kg/día registrados en la cuarta semana. González (2000) reportó un ADP bajo (0.786 kg/día) para la primera semana y el mayor ADP (1.120 kg/día) en la segunda semana de evaluación.

Mientras que Cancino (2000) y González (2000) reportaron los mayores ADP en los cerdos cuando pesaban entre 70 y 80 kg, en el presente trabajo el mayor ADP se registró cuándo los animales pesaban entre 66 y 74 kg de peso.

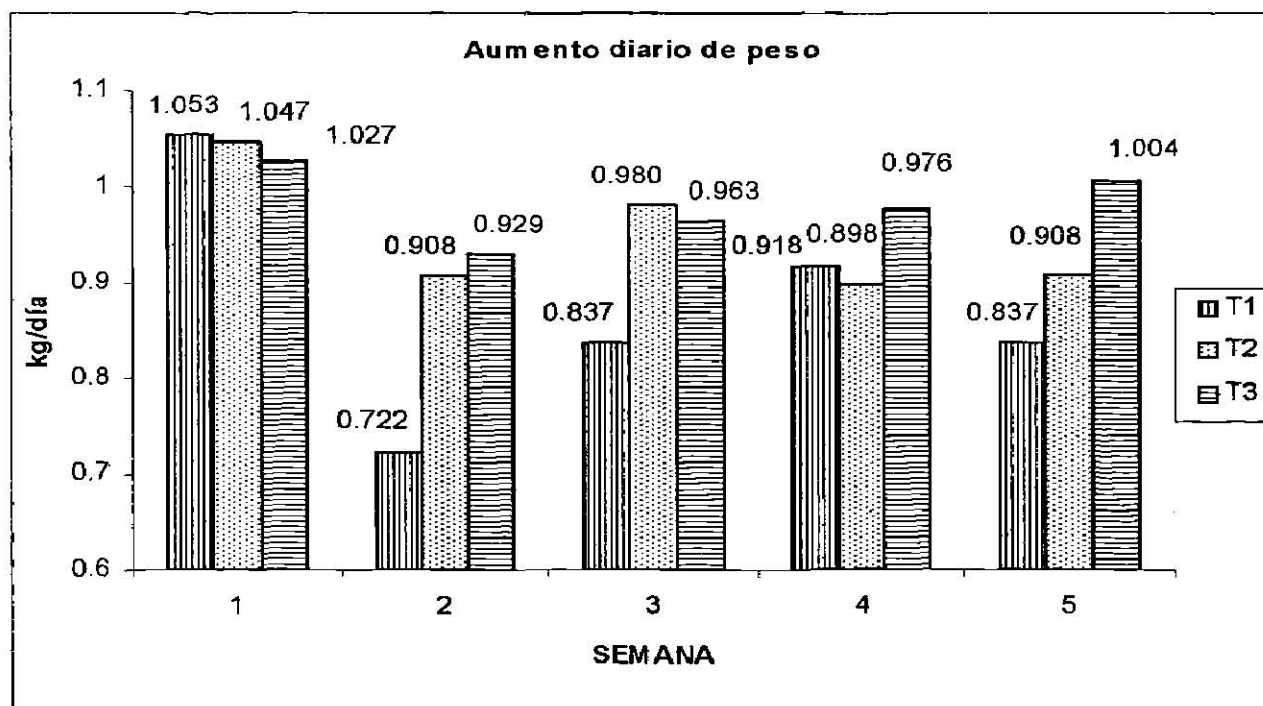


Figura 4 Promedios semanales de aumento diario de peso en cerdos en finalización (66-100 kg) recibiendo una dieta basal con 0.324 % de P (T1), ó dieta basal con 0.324 % P + fitasa (T2) , o dieta basal + fosfato (0.521 % P) sin fitasa (T3).

El consumo de alimento de los animales aumentó de 3.567 kg/día, en la semana 1 a 3.910 kg/día en la semana 3 ($P < 0.01$) (Fig. 5). Posteriormente se registraron promedios generales de consumo de 3.88 kg/día durante las semanas 4 y 5. (Fig. 5).

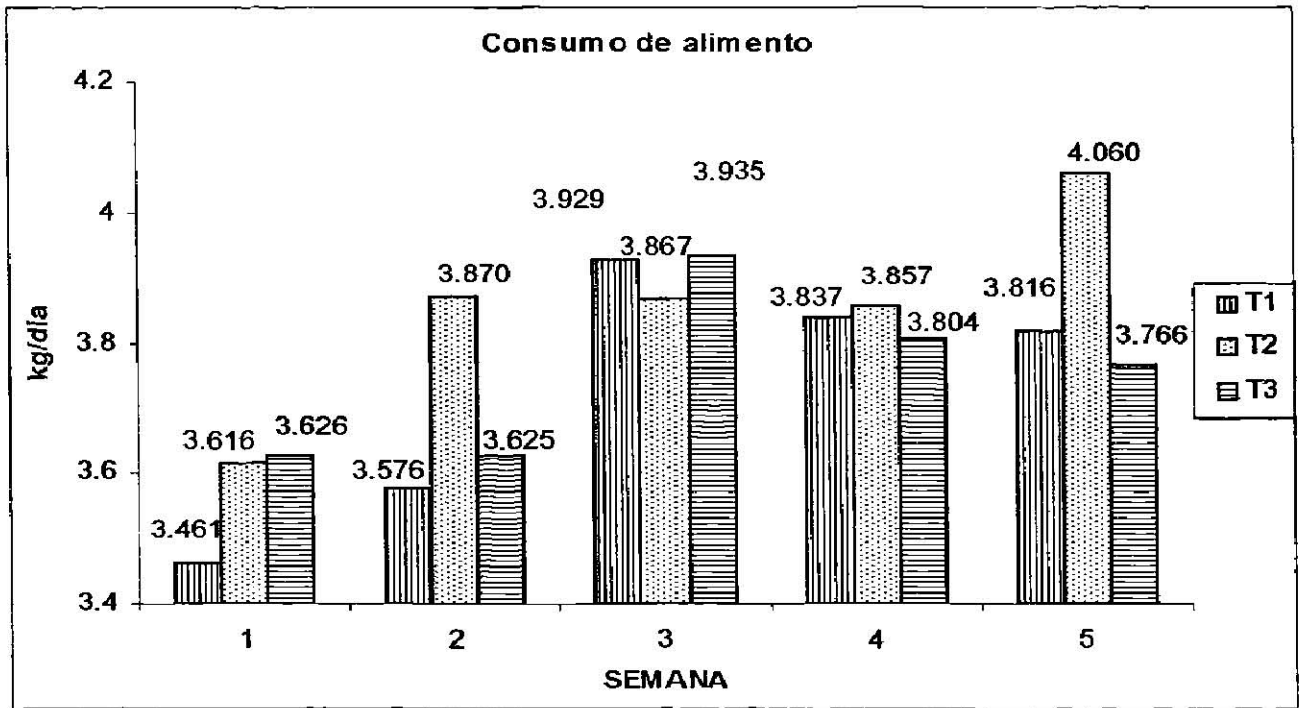


Figura 5 Promedios semanales de consumo diario de alimento en cerdos en finalización (66-100 kg) recibiendo una dieta basal con 0.324 % de P (T1), dieta basal con 0.324 % P + fitasa (T2) , o dieta basal + fosfato (0.521 % P) sin fitasa (T3).

El CA más alto de la presente evaluación (3.91 kg/día) fue registrado durante la tercera semana, cuando se tuvo la temperatura ambiental promedio más baja del experimento (5.8°C). Posiblemente fueron utilizados parte de los nutrientes consumidos en el alimento adicional para promover una mayor producción de calor del animal, tal y como lo mencionaron Derno *et al.* (1995). El consumo de alimento reportado por Cancino (2000) y González (2000) para las primeras dos semanas fue 15-20% menor al del presente trabajo. Para las semanas 3 y 4 los datos de Cancino (2000) fueron 14-18% menores a los reportados por González (2000) y a los de la presente evaluación.

La conversión alimenticia para la semana 1 fue 3.43:1, y con ello, menor ($P < 0.05$) a los datos correspondientes a las semanas restantes, en las que se calcularon valores promedio de 4.45, 4.40, 4.23 y 4.35:1 para las semanas 2, 3, 4 y 5 (Fig. 6), respectivamente.

En las diferentes semanas del experimento se registraron diferencias numéricas de CVA entre los tres tratamientos, pero solamente se calculó una diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) entre el tratamiento 1 y 3 en la segunda semana de evaluación (Fig. 6).

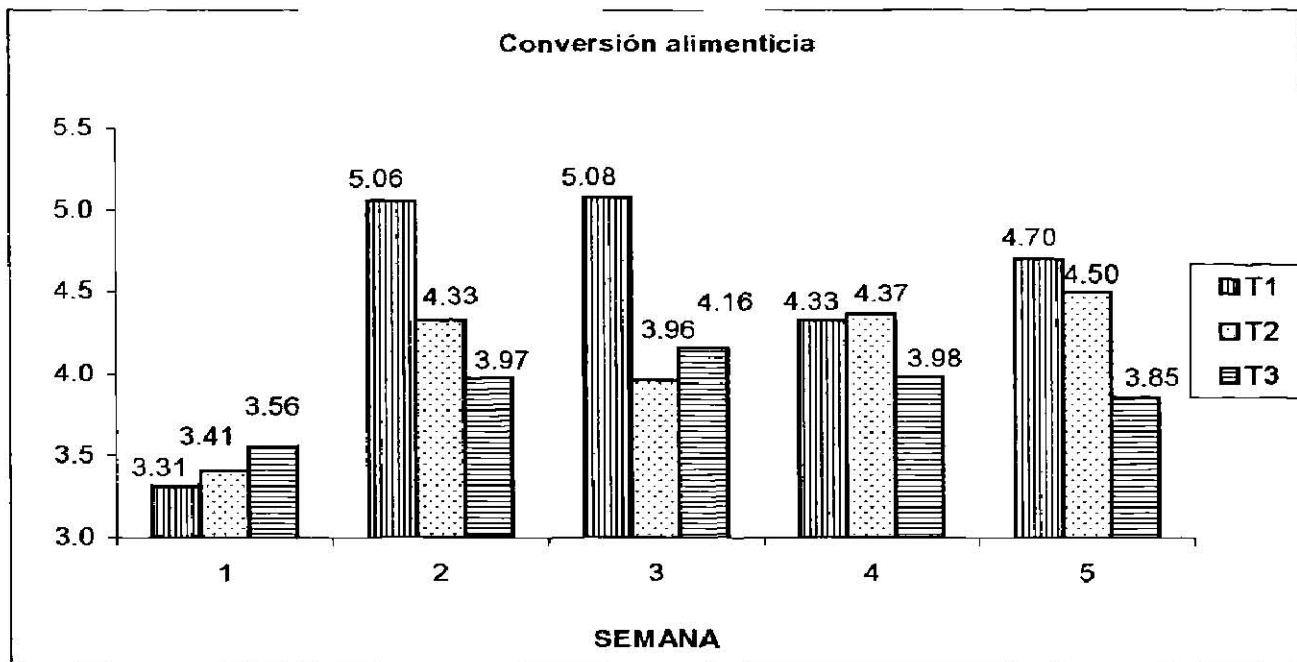


Figura 6 Promedios semanales de conversión alimenticia (kg de alimento/kg ADP) en cerdos en finalización (66 – 100kg) recibiendo una dieta basal con 0.324 % de P (T1), dieta basal con 0.324 % de P + fitasa (T2), o dieta basal + fosfato (0.521 % P) sin fitasa (T3).

En el presente trabajo los animales asignados al tratamiento 1 registraron una conversión alimenticia muy desfavorable durante las semanas 2 y 3, (Figura 6), cuando se registraron las temperaturas más bajas del experimento. Cancino (2000) reportó valores crecientes de CVA de 2.26:1 para la semana 1 y alcanzando 4.55:1 para la semana 4. Los valores de CVA reportados por González (2000), tuvieron un mínimo de 2.93:1 para la semana 2 y un máximo de 5.22:1 para la semana 4, mientras que para las semanas 1 y 3 reportó valores de 4.11:1 y 4.19:1.

4.3 Efecto de tratamientos

4.3.1 Aumento diario de peso

Los tratamientos evaluados en el presente experimento provocaron diferencias en los datos productivos de los cerdos en finalización. Para el periodo experimental completo los animales asignados al tratamiento 3 registraron el mayor ADP con 0.980 kg/día ($P=0.081$). El menor ADP fue obtenido con el tratamiento 1 (0.873 kg/día). En tanto que el tratamiento 2 fue solamente 32 g menor que el del tratamiento 3, pero 75 g mayor al del tratamiento 1 (Fig. 7). El análisis estadístico de los datos de ADP para los tres tratamientos en cada una de las semanas de estudio dio por resultado que las diferencias numéricas de los tratamientos en cada semana no alcanzaron el nivel de significancia estadística a excepción de la semana dos, cuando el tratamiento 1 tuvo un ADP menor al de los otros dos tratamientos.

Los resultados de O'Quinn *et al.* (1997) concuerdan con el presente trabajo en una mejora de 0.910 a 0.970 kg/día de ADP en los animales entre 80 y 118 kg de peso vivo al adicionar fosfato dicálcico a una dieta basal de sorgo-soya. Sin embargo, en este trabajo, los animales alimentados con dieta basal, sin adición de fosfato dicálcico pero con suplementación de 500 unidades FTU de enzima fitasa, tuvieron ADP 3 % mayor que los animales asignados a la dieta con fosfato dicálcico (O'Quinn *et al.*, 1997).

Los resultados de Liu *et al.* (1997) muestran una tendencia similar a la del presente estudio, ya que al adicionar 500 FTU/kg de enzima fitasa a una dieta basal sin fosfato monocalcico se mejoró el ADP de cerdos en crecimiento (18-48 kg de peso) de 0.584 kg/día a 0.758 kg/día, pero el ADP de los cerdos alimentados con la dieta adicionada de fosfato monocalcico y sin fitasa fue de 0.770 kg/día.

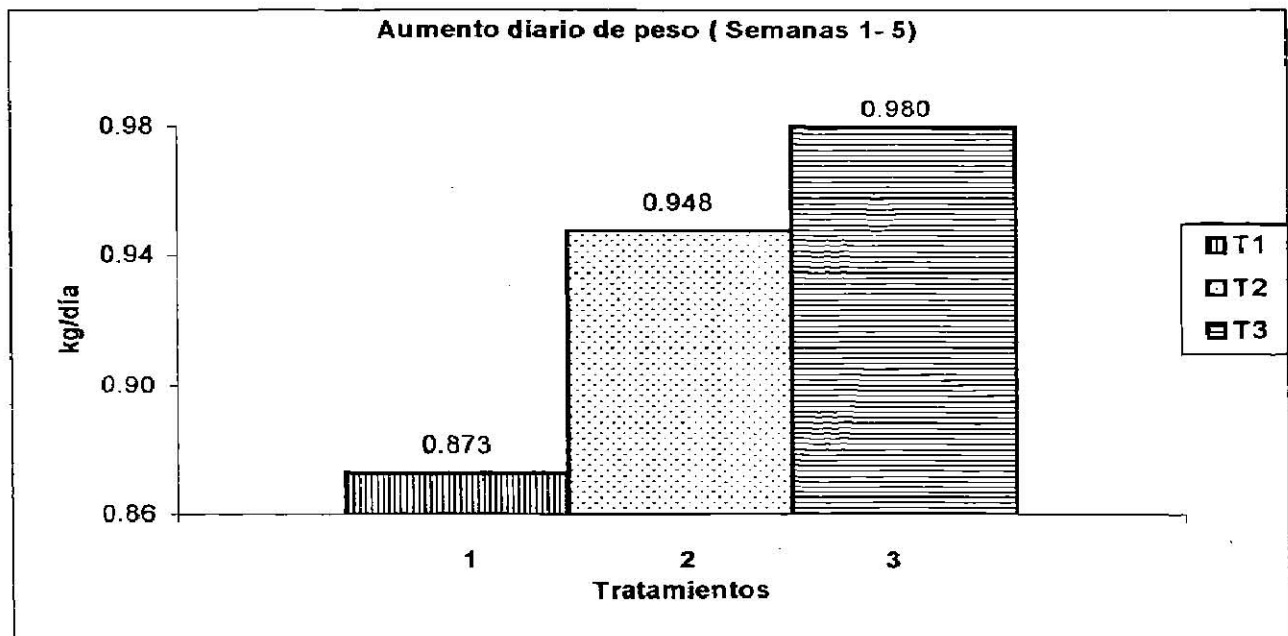


Figura 7 Efecto de tratamientos para aumento diario de peso (kg) en cerdos en finalización (66-100 kg) recibiendo una dieta basal con 0.324 % de P (T1), dieta basal con 0.324 % P + fitasa (T2), o dieta basal + fosfato (0.521% P) sin fitasa (T3).

4.3.2 Consumo de alimento

El consumo de alimento fue similar para los animales asignados a los tratamientos 1 y 3 (3.724 y 3.751 kg/día; Fig. 8). El mayor CA fue registrado para los animales del tratamiento 2 (3.854 kg/día), aunque sin ser significativo ($P = 0.781$).

Al analizar los datos de consumo de alimento para los tres tratamientos en cada una de las 5 semanas de estudio tampoco se encontraron diferencias estadísticas, ni interacciones tratamiento x periodo.

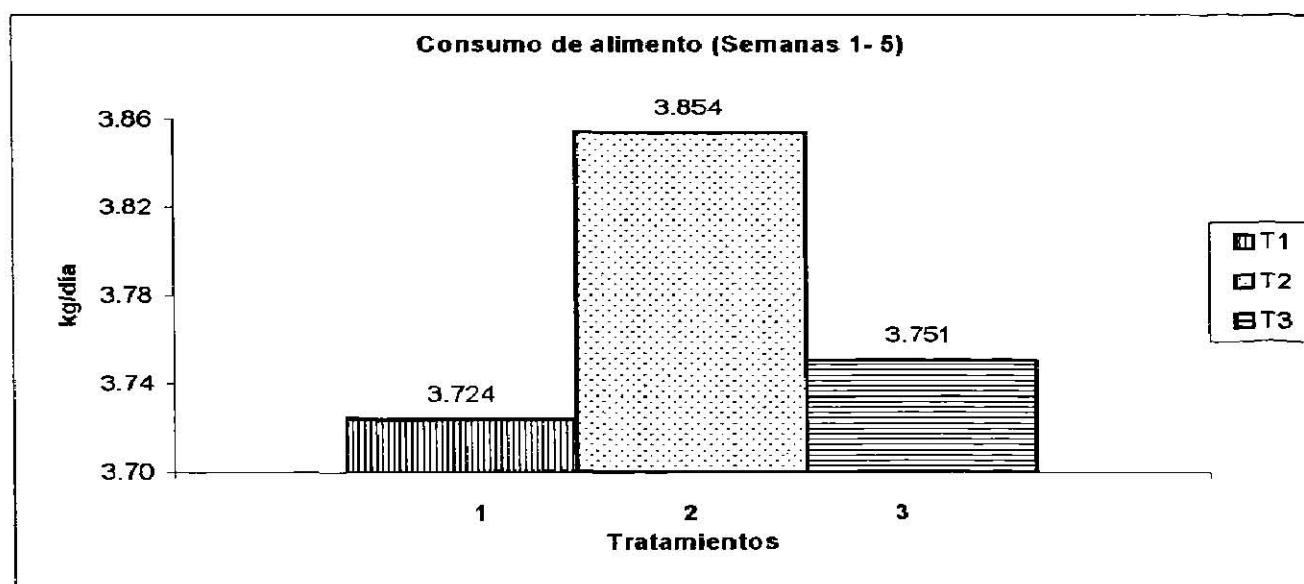


Figura 8 Efecto de tratamientos para consumo de alimento (kg/día) en cerdos en finalización (66 – 100 kg) recibiendo una dieta basal con 0.324 % de P (T1), dieta basal con 0.324 % P + fitasa (T2), o dieta basal + fosfato (0.521 % P) sin fitasa (T3).

(O'Quinn *et al.*, 1997 y Liu *et al.*, 1997) alimentando cerdos con dieta basal sin fósforo inorgánico , pero adicionada con 500 FTU/kg de enzima fitasa tuvieron un consumo cuantitativamente mayor que los cerdos alimentados con dieta basal sin adición de enzima fitasa y con la dieta testigo, con adición de fosfato dicálcico y sin enzima fitasa. En el presente experimento, el aumento en el consumo asociado con la adición de enzima fitasa a la dieta basal fue mayor que en los reportes de O'Quinn *et al.*, (1997) y de Liu *et al.*, (1997).

4.3.3 Conversión alimenticia

La conversión alimenticia fue más favorable ($P = 0.15$) para los animales asignados al tratamiento 3 (3.85:1), y menos favorable para el tratamiento 1 (4.28:1) (Fig. 9). La conversión alimenticia del tratamiento 2 (4.08:1) fue intermedia ($P = 0.15$) a la del tratamiento 1 y 3.

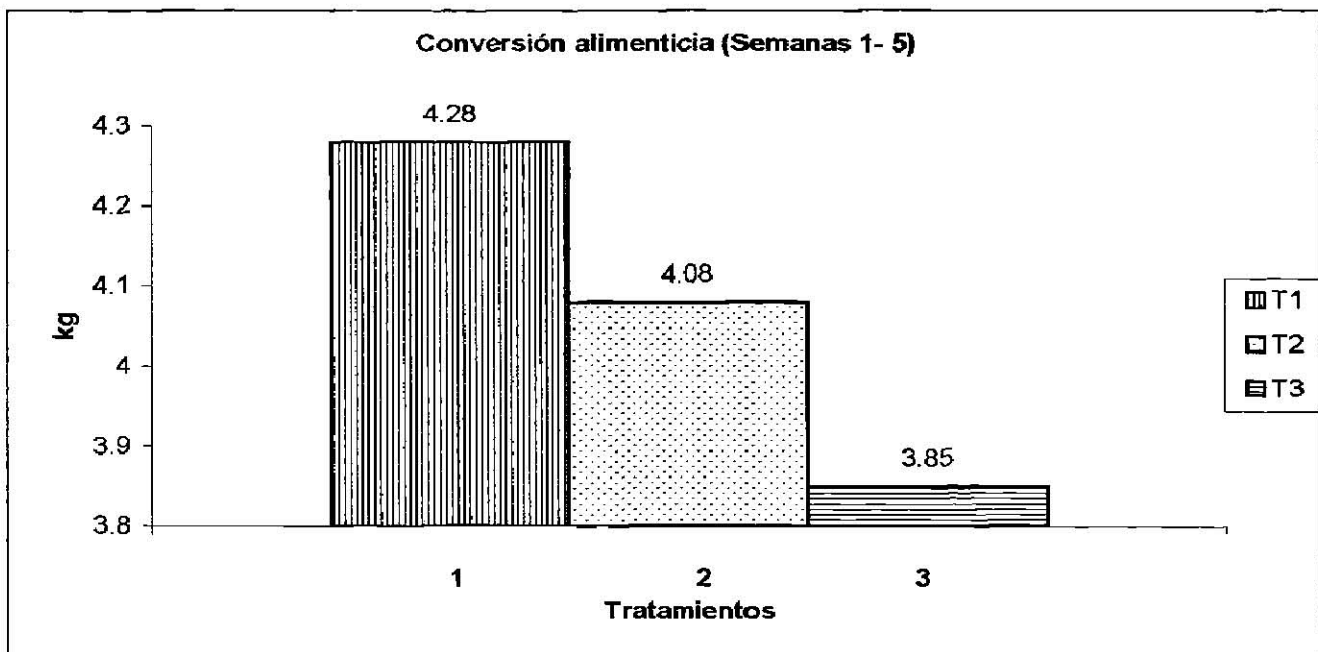


Figura 9 Efecto de tratamientos para conversión alimenticia (kg de alimento/kg ADP) en cerdos en finalización (66 – 100 kg) recibiendo una dieta basal con 0.324 % de P (T1), dieta basal con 0.324 % P + fitasa (T2), o dieta basal + fosfato (0.521 % P) sin fitasa (T3).

Estos datos difieren con los reportados por O'Quinn *et al.* (1997), ya que estos investigadores no encontraron diferencia numérica entre tratamientos, equivalentes a los evaluados en el presente estudio.

Cerdos en crecimiento (18-48 kg de peso) registraron una CVA menos eficiente (2.88:1) al ser alimentados con dieta basal sin adición de fosfato ni enzima fitasa, que la CVA de cerdos al adicionar enzima fitasa ó fosfato monodiválcico a la dieta (2.33 y 2.38, respectivamente). En el presente trabajo, la adición de fosfato monodiválcico resultó una CVA numéricamente mayor aunque no significativa ($P>0.05$), a la obtenida por la adición de enzima fitasa a la dieta basal.

4.4 Diferencia ingreso – costo

Al alimentar con la ración basal con 0.324 % de fósforo, sin adición de fosfato extra (T1), la diferencia calculada ingreso – costo fue de \$154.75 por cerdo. La ración sin fosfato pero adicionada con fitasa (T2) ocasionó una diferencia ingreso – costo (\$178/cerdo) 13% mayor (P=0.11) a la de la ración basal (Fig. 10). La dieta que sirvió como testigo positivo, inclusión de fosfato y sin fitasa (T3), tuvo una diferencia ingreso–costo de \$192.10 por cerdo.

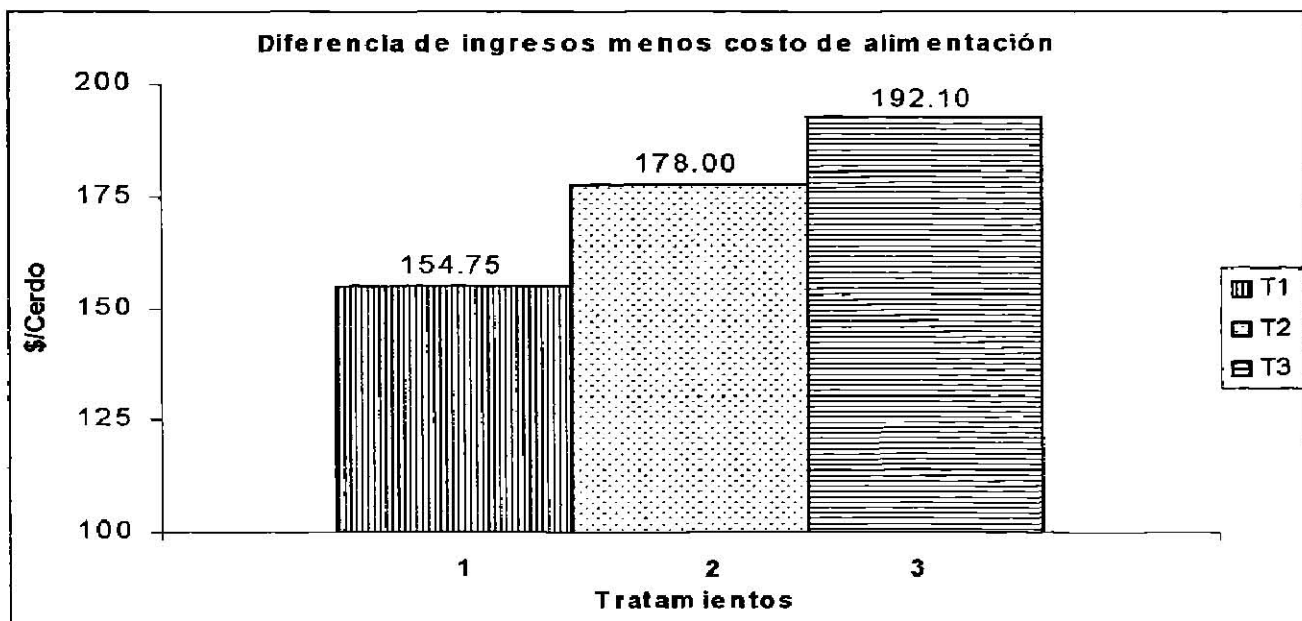


Figura 10 Diferencia ingresos menos costo de alimentación (\$/animal) en cerdos en finalización (66 – 100 kg) recibiendo una dieta basal con 0.324 % de P (T1), dieta basal con 0.324 % de P + fitasa (T2), o dieta basal + fosfato (0.521 % P) sin fitasa (T3).

Los datos presentados por O'Quinn *et al.* (1997) permiten calcular una diferencia ingreso-costo 3% mejor (\$187.5/cerdo) para los animales alimentados con la dieta sin adición de fosfato dicálcico, pero con adición de 500 FTU/kg de enzima fitasa/kg de alimento, respecto a la diferencia ingreso-costo de cerdos en fase de finalización (80-118 kg), cuya ración fue adicionada con fosfato dicálcico. La diferencia ingreso-costo de cerdos en finalización (80-118 kg) alimentados con una dieta sin adición de fosfato ni de enzima fitasa fue de \$184.9/cerdo.

De acuerdo a datos publicados por Liu *et al.*, (1997), la diferencia ingreso-costo para cerdos en crecimiento (18.7- 48.5 kg) alimentados con una dieta sin fosfato monocálcico, suplementada con 500 FTU de fitasa fue de \$212.8/cerdo, similar a la obtenida con una dieta convencional adicionada con fosfato (\$214.5/cerdo). La diferencia ingreso-costo de la dieta sin adición de fosfato ni fitasa fue 11 % menor a la obtenida con la dieta suplementada con fitasa (Liu *et al.*, 1997).

4.5 Determinación del balance entre consumo y excreción fecal de fósforo

Considerando las cantidades de alimento consumido y de heces excretadas, colectadas el 11 de enero tal como se describió en el capítulo 3.3.2, así como considerando el contenido de fósforo determinado en cada muestra, se calculó la cantidad consumida y excretada de fósforo para cada animal, con lo cual se pudo calcular la digestibilidad aparente de fósforo (Cuadro 5).

Cuadro 5 Consumo y excreción fecal de fósforo en cerdos en finalización (66 – 100 kg) alimentados con tres raciones experimentales

Tratamiento Dieta		1 basal	2 basal+fitasa	3 basal+fósforo
Consumo de alimento	(kg/día)	3.724	3.853	3.751
Contenido de P*	(%)	0.324	0.324	0.521
Consumo de P	(g/día)	12.4	12.5	19.8
Heces excretadas	(g MS/día)	544.6	637.2	540.7
Contenido de P en heces	(%)	1.3	1.0	1.6
P excretado en heces	(g/día)	6.7	6.2	8.7
Digestibilidad de P**	(%)	45.7	50	56.1

*Calculado en alimento

**Aparente

Los animales alimentados con dietas sin adición de fosfato monocálcico (T1 y T2) registraron un consumo de fósforo similar entre sí, de 12.4 g/día. Cerdos en finalización alimentados con la dieta adicionada con 9.4 kg/ton de fosfato monocálcico (T3), registraron un consumo de fósforo 58% mayor ($P < 0.01$) al de los tratamientos cuyas dietas no fueron adicionadas con fosfato monocálcico (T1 y T2; Cuadro 5)

Los cerdos alimentados con dietas sin fosfato registraron una excreción de 6.5 g de fósforo por día, mientras que los animales alimentados con una dieta que incluía fosfato monocálcico excretaron 30% más fósforo por día (8.7 g/día; $P < 0.05$) que los tratamientos 1 y 2.

Liu *et al.* (1997) reportaron un consumo de fósforo de 6.8 g/día en cerdos de 45 kg de peso vivo, alimentados con raciones sin adición de fosfato ni de fitasa. Cerdos alimentados con dieta basal suplementada con 500 FTU de fitasa/kg consumieron 7.8 g de fósforo por día; y cerdos alimentados con una dieta testigo, suplementada con fosfato monocálcico, consumieron 12.1 g de fósforo por día. Los resultados de Liu *et al.* (1997) correspondientes a la excreción fecal de fósforo fueron 5.25, 4.88 y 8.18 g/día, respectivamente para cerdos alimentados con una dieta basal, dieta basal + 500 FTU de fitasa y dieta control suplementada con fosfato.

El valor de digestibilidad aparente de fósforo, calculado a partir de los datos de consumo y excreción de este elemento como se explicó al inicio del presente capítulo, resulta más favorable (56.1%; $P=0.144$) para los cerdos alimentados con dietas adicionadas con fosfato. La digestibilidad calculada para la dieta sin adición de fosfato ni fitasa fue de 45.7%. Por efecto de la adición de fitasa a la dieta basal la digestibilidad se mejoró en 9% (Cuadro 5).

O'Quinn *et al.* reportaron una mejora de 33% en la digestibilidad de fósforo por efecto de adicionar 500 FTU/kg a una dieta basal ofrecida a cerdos de 50-89 kg de peso vivo. Los resultados de digestibilidad presentados en el cuadro 5 deben ser considerados en el sentido de que por naturaleza, el fosfato monocálcico adicionado a las dietas tiene una alta biodisponibilidad (BASF, 2001).

Además este parámetro no es indicador de la tasa de utilización del fósforo digerido, ya que en animales alimentados con dietas adicionadas con fosfato monocálcico, se ha observado una alta excreción de fósforo por vía renal (Han *et al.*, 1997). Para los animales alimentados con dietas sin adición de fosfato, el valor de digestibilidad representa en gran medida la tasa de utilización de fósforo ya que la cantidad de este elemento mineral excretada en orina es muy reducida (Cromwell, 1996).

Debido a ello una supuesta contaminación con orina de las heces colectadas, hubiera afectado más el valor de digestibilidad de los animales alimentados con la dieta del tratamiento 3.

4.6 Calidad de la canal

Se utilizaron 5 animales de cada tratamiento, para medir las características de largo de canal y grasa dorsal al momento de ser sacrificados (Cuadro 6)

Los cerdos de los tratamientos 1 y 2 tuvieron una cobertura de grasa dorsal, 6 % mayor (no significativo, $P>0.05$), que el tratamiento 3. González (2000) reportó cobertura de grasa dorsal de entre 3 y 3.31 cm en cerdos sacrificados entre 93 y 96 kg de peso. Cuarón *et al* (1992) reportaron un promedio de 3.3 cm de grasa dorsal para los cerdos sacrificados a los 100 kg de peso.

Cuadro 6.- Características de la canal de cerdos asignados a tres dietas experimentales.

Tratamiento Dieta	1 basal	2 basal + fitasa	3 basal + fosfato
Grasa dorsal (cm)	3.41	3.43	3.23
Largo de canal (cm)	75.8	76.7	76.9

En el presente trabajo, la menor cobertura de grasa dorsal observada en los animales alimentados con dieta adicionada con fosfato monocálcico es similar al resultado de O'Quinn *et al.*, (1997), quienes reportaron una cobertura de grasa dorsal a la altura de la 10^a y de última costilla 2 a 9 % menor en los animales alimentados con la ración convencional adicionada con fosfato, respecto a la de cerdos que recibieron una dieta con bajo contenido de fósforo. Al adicionar 500 FTU/ de enzima fitasa/kg de dieta con bajo contenido de fósforo, O'Quinn *et al* (1997) registraron una disminución moderada de la cobertura de grasa dorsal en cerdos, lo cual no fue observado en el presente trabajo (Cuadro 6).

Aunque de pequeña magnitud, el efecto del fósforo inorgánico adicionado como fosfato monocálcico de reducir la cobertura de grasa dorsal pudiera ser considerado como una indicación de la importancia de este elemento para la síntesis proteica necesaria en la formación del músculo. Así, se pudiera suponer que al existir una menor disponibilidad de fósforo para la transmisión de energía necesaria durante la síntesis de proteína, se presentara la tendencia a una deposición de grasa proporcionalmente mayor.

En el mismo sentido se pueden interpretar los datos correspondientes a al largo de canal. En el presente trabajo existió una ligera tendencia, no significativa ($P=0.297$) hacia un mayor largo de canal en los animales de los tratamientos 2 y 3, respecto a los alimentados con la dieta basal con bajo contenido de fósforo, sin adición de enzima fitasa (Cuadro 6).

En general, el largo de canal de los animales en el presente trabajo fue menor al reportado por González (2000) para cerdos de 93 a 96 kg.

O'Quinn et al, reportaron variaciones pequeñas en el largo de huesos metacarpianos y metatarsianos de cerdos alimentados con dietas adicionadas en niveles ascendentes de enzima fitasa, indicando una tendencia hacia un mayor largo de canal para cerdos cuya dieta tenia mejores niveles de fósforo disponible.

5. Conclusiones y Recomendaciones

Los resultados obtenidos en el presente trabajo permiten concluir lo siguiente:

Los cerdos en finalización (65 a 95 kg) alimentados con dieta basal de sorgo-soya sin suplementación con fosfato monocálcico, fueron inferiores en aumento de peso, conversión alimenticia, beneficio económico, cobertura de grasa dorsal y largo de canal a los animales alimentados con la dieta a la cual se le adicionó fosfato monocálcico.

Adicionar 750 unidades de enzima fitasa por kg de dieta con bajo contenido de fósforo (0.324 %), mejora los aumentos de peso y el beneficio económico (diferencia ingreso – costo) hasta valores semejantes a los de animales alimentados con la dieta suplementada con fosfato monocálcico, hasta tener 0.521 % de fósforo.

La adición de enzima fitasa a la dieta basal redujo en 7 % la excreción de fósforo en heces, y mejoró la digestibilidad aparente de fósforo en 9 % con respecto a la dieta basal sin adición de fitasa.

La excreción de fósforo fecal en animales alimentados con dieta basal adicionada con fitasa fue 30 % menor a la de animales alimentados con la dieta adicionada con fosfato manocálcico.

Para los productores de ganado porcino se vislumbran ventajas de la adición de enzima fitasa a las dietas de cerdos por la mejora de utilización del fósforo naturalmente contenido en los ingredientes de la ración. Esto redundará en beneficios por reducir la excreción de fósforo al ambiente.

La experiencia obtenida al realizar el presente trabajo permite expresar las siguientes recomendaciones:

Realizar experimentos diferentes a los del presente trabajo, que prueben tratamientos con diferentes combinaciones de fosfato adicionado en cantidades limitadas y con fitasa, tratando de obtener las ventajas de ambos ingredientes. Esto permitirá hacer recomendaciones prácticas de adición combinada de enzima fitasa y cantidades limitadas de fosfato para optimizar el beneficio económico, biológico (crecimiento) y ambiental de la producción porcina

Realizar experimentos para estudiar el efecto de la enzima fitasa sobre el balance de fósforo, considerando su consumo y excreción tanto en heces como en orina.

6. Resumen

El presente trabajo se llevó a cabo en la Estación Experimental del centro Genético Porcino de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León del día 14 de diciembre de 2000 al 18 de enero de 2001, con el objetivo de evaluar el efecto del contenido de fósforo y de la adición de enzima fitasa a la dieta sobre aumento diario de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia, calidad de la canal, beneficio económico (diferencia ingreso – costo), digestibilidad aparente de fósforo, así como la excreción del mismo en las heces de cerdos de 65 a 95 kg.

Se probaron tres raciones experimentales que diferían en su contenido de fósforo (P), y/o en la inclusión de enzima fitasa, siendo T1, T2 y T3, en base a 0.324 % P, 0.324 % P + fitasa, y 0.521 % P, respectivamente.

Se utilizaron 21 cerdos cruzados de las razas Yorkshire/Landrace x Hampshire y/o Duroc. Estos animales fueron alojados en jaulas individuales de 1.50 m de ancho por 2.20 m de largo, ofreciéndoles agua y alimento a libre acceso.

Los animales fueron pesados cada 7 días durante el experimento. En la cuarta semana del mismo se realizó un trabajo para hacer el balance entre consumo y excreción fecal de fósforo. Al término de la prueba experimental se

Para el periodo experimental completo (35 días) el promedio general de ADP fue de 0.874, 0.948. y 0.980 kg/día para T1, T2, y T3 respectivamente. (P = 0.081). El consumo de alimento promedio durante los 35 días fue de 3.724, 3.854, y 3.751 kg/día para T1, T2, y T3 respectivamente. (P = 0.781). La conversión alimenticia promedio para el tiempo que duró el experimento fue de 4.28, 4.08, y 3.85 : 1 para T1, T2, y T3 respectivamente. (P < 0.15). La diferencia ingreso – costo (\$/animal) fue de \$154.75, \$178.00, y \$192.10 por cerdo, para T1, T2 y T3 respectivamente.

Los resultados obtenidos permitieron concluir en un efecto positivo de la enzima fitasa sobre los datos productivos de cerdos alimentados con una dieta de bajo contenido de fósforo. Al mismo tiempo se redujo la excreción fecal de fósforo de los cerdos, respecto a la registrada en animales alimentados con una dieta convencional.

7. Bibliografía

- BASF Corporation: Animal Nutrition: Product Information: Feed Enzymes 2001.
Internet:<http://www.basf.com/businesses/consumer/animalnutrition//products/index.html>.
- Bosch, D.J., M. K. Zhu, and E.T. Kornegay, 1998. Net Returns from microbial phytase when crop applications of swine manure are limited by phosphorus J. Prod. Agric. 11: 205-213.
- Bruce J.A.M. and F. Sundstol 1995. The effect of microbial phytase in diets for pigs on apparent ileal and faecal digestibility, pH and digesta measurements in growing pigs fed a high fiber diet. Can. J. Anim. Sci. 75: 121-127.
- Cancino M. V. 2000. Efecto del nivel de energía y de la relación lisina:energía en la ración sobre los parámetros de crecimiento de cerdos en finalización (62-92 kg de peso). Tesis de Licenciatura, FAUANL. Marín, N.L. México. p 57.
- Cervantes, R. M. 2000. Utilización de enzimas exógenas en dietas para cerdos. Instituto de Ciencias Agrícolas UABC, Mexicali, B.C. Memorias del VIII Congreso Internacional de Nutrición Animal marzo 30 y 31 de 2000. Chihuahua. Chihuahua. pp. 3-21
- Comisión Nacional del Agua, 2001. Página electrónica, Dirección de Internet: <http://www.cna.gob.mx>

- Cromwell, G.L., T.S Stahly., R.D Coffey., H.J Monegue., and J.H Randolph
1997. Efficacy of phytase in improving the bioavailability of
Phosphorus in Soybean Meal and Corn-Soybean Meal Diets for Pigs J.
Anim. Sci. 1993. 71: 1831-1840.
- Cromwell, G.L. 1996. Bioavailability of calcium and phosphorus in plant and
animal ingredients, In: Phytase in animal nutrition and waste
management. A BASF reference manual 1996. Michael B. Coelho and
E.T. Kornegay (eds). ISBN 1-889640-03-4. pp. 173-189
- Cromwell, G.L., R.D Coffey., G.R Parker., H.J Monegue., and J.H Randolph
1995. Efficacy of a recombinant-derived phytase in improving the
bioavailability of phosphorus in corn-soybean meal diets for pigs. J.
Anim. Sci. 73: 2000-2008.
- Cuarón, J.A; P.A. Velázquez., J. Cervantes., y A. A. Angeles 1992. Propuesta
para la clasificación de canales de cerdo en México. Desarrollo
porcícola N° 3 pp. 18-21.
- De Boer, I.J.W., H.T. Peters, A. M. Grossman, and W. J . Koops 1997. Nutrients
flows in agriculture in the Netherlands with special emphasis on pig
production. J. Anim. Sci. 75: 2054-2063.
- Düngelhoef M., M. Rodehutscond., and H. P Spiekers. 1994. Effects of
supplemental microbial phytase on availability of phosphorus contained
in maize, wheat and triticale to pigs. Animal Feed Science and
Technology. 49:1-10.

- González C. J. F. 2000. Parámetros productivos de cerdos en finalización alimentados con tres niveles de energía y de aminoácidos manteniendo estable la relación Lisina:Energía. Tesis Licenciatura FAUANL Marín, N.L. México. p. 61
- 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.
- INEGI.1983. Nomenclatura de Nuevo León. Dirección de Geografía del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México. ISBN 968 – 809 – 57 – 6 p. 211
- Kemme, P. A., A. W Jongbloed., Z. Mroz., and A. C. Beym 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. J.S. Radcliffe, A.W. Jongbloed, and Z. Mroz; 1997. Factors affecting phosphorus and calcium digestibility in diets for growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 75: 2147-2153.
- Liu, J., D. W Bollinger., D. R. Ledous., 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.
- Loeffler, K. 1983. Anatomie und Physiologie der Houstiere. G. Aufl. Ulmer, Stuttgart. p. 422

- Martin David W. Jr., Mayes Peter A., y Rodwell Victor W. 1994. Bioquímica de Harper 1994. 13ª edición, pp. 553-554
- McDowell, LR., 1992. Minerals in Animal and Human Nutrition Department of Animal Science, University of Florida, Gainesville Florida, Academic Press, Inc. p. 524
- McDowell, LR., J. H Conrad., F. Glen H., L. X. Rojas., G. Valle., y J. Velásquez, 1993. Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. Departamento de Zootecnia. Universidad de Florida, Gainesville. pp 76
- Miller Jr. Tyler G. 1994. Ecología y medio ambiente. Grupo editorial Mexicana. p 152.
- N.R.C., 1998. Nutrient requirements of swine. National Academy Press. Washington. 10th Edition.
- O'Quinn, P.R., D.A. Knabe., and Gregg E.J. 1997. Efficacy of Natuphos® in sorghum based diets of finishing swine. J. Anim. Sci. 75: 1299-1307.
- Olivares S., E.. 1994. Paquete de diseños experimentales FAUANL. Version 2.5. Facultad de Agronomía UANL Marín, N.L.
- Poulsen, H.D., A.W Jongbloed., D. Latimier., J.A. Fernandez. 1999. Phosphorus consumption, utilization and losses in pig production in France, The Netherlands and Denmark. Lives. Prod. Scie.Vol. 38, (3): 251-259.
- Tapia, V. A. y E. Olivares, S. 1993. Calidad de los cerdos sacrificados en el rastro de la ciudad de Monterrey, N.L. Memorias del XXVIII Congreso AMVEC V Congreso ALVEC. Cancún, Q. Roo. pp.172-176.

8. Apéndice

Datos de tesis (Pesos, kg)

	Corral	Sexo	Sexo	Peso	Peso	Peso	Peso	Peso	Peso
				14/12/00	21/12/00	28/12/00	4/01/01	11/01/01	18/01/01
T1	33	MC	1	66.2	74.0	78.8	85.2	91.0	98.0
	37	H	2	70.6	77.8	82.0	90.6	96.4	100.6
	55	MC	1	66.6	73.2	79.0	84.2	90.0	96.0
	39	H	2	66.8	73.4	77.4	80.4	87.2	92.0
	47	H	2	63.2	71.4	77.0	82.0	90.6	96.0
	50	MC	1	62.2	68.2	74.4	81.0	88.0	94.0
	53	MC	1	69.0	78.2	83.0	89.2	94.4	102.0
Promedio				66.4	73.7	78.8	84.7	91.1	96.9

	Corral	Sexo	Sexo	Peso	Peso	Peso	Peso	Peso	Peso
				14/12/00	21/12/00	28/12/00	4/01/01	11/01/01	18/01/01
T2	35	MC	1	64.0	70.3	76.6	83.8	90.8	97.6
	40	H	2	65.8	75.0	81.0	87.0	92.2	98.5
	51	MC	1	69.0	76.8	82.6	90.0	96.0	102.0
	42	H	2	63.2	70.6	75.8	82.0	88.0	94.0
	54	MC	1	67.0	74.6	81.0	89.0	94.6	102.0
	38	MC	1	70.0	75.0	81.2	88.0	94.0	99.4
	57	MC	1	65.2	73.2	81.8	88.2	96.4	103.0
Promedio				66.3	73.6	80.0	86.9	93.1	99.5

	Corral	Sexo	Sexo	Peso	Peso	Peso	Peso	Peso	Peso
				14/12/00	21/12/00	28/12/00	4/01/01	11/01/01	18/01/01
T3	34	MC	1	66.0	74.4	80.0	87.4	94.6	101.8
	41	H	2	67.8	74.0	80.2	85.2	90.4	98.0
	52	H	2	63.2	69.3	75.4	82.6	91.2	100.0
	43	MC	1	62.2	71.2	78.8	85.4	93.0	100.0
	49	MC	1	70.0	77.0	83.0	90.2	97.8	103.6
	56	MC	1	67.2	73.6	79.2	84.6	90.6	96.4
	60	MC	1	70.4	77.6	86.0	94.4	100.0	107.0
Promedio				66.7	73.9	80.4	87.1	93.9	101.0

Promedio General				66.46	73.75	79.72	86.21	92.72	99.14
------------------	--	--	--	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Datos de tesis (Aumentos Diarios de Peso, kg)

	Corral	Sexo	Sexo	ADP	ADP	ADP	ADP	ADP	ADPGral.
				14-21/12/00	21-28/12/00	28/12/00-04/01/01	4-11/01/01	11-18/01/01	
T1	33	MC	1	1.114	0.686	0.914	0.829	1.000	0.909
	37	H	2	1.029	0.600	1.229	0.829	0.600	0.857
	55	MC	1	0.943	0.829	0.743	0.829	0.857	0.840
	39	H	2	0.943	0.571	0.429	0.971	0.686	0.720
	47	H	2	1.171	0.800	0.714	1.229	0.771	0.937
	50	MC	1	0.857	0.886	0.943	1.000	0.857	0.909
	53	MC	1	1.314	0.686	0.886	0.743	1.086	0.943
Promedio				1.053	0.723	0.837	0.919	0.837	0.874

	Corral	Sexo	Sexo	ADP	ADP	ADP	ADP	ADP	ADPGral.
				14-21/12/00	21-28/12/00	28/12/00-04/01/01	4-11/01/01	11-18/01/01	
T2	35	MC	1	0.900	0.900	1.029	1.000	0.971	0.960
	40	H	2	1.314	0.857	0.857	0.743	0.900	0.934
	51	MC	1	1.114	0.829	1.057	0.857	0.857	0.943
	42	H	2	1.057	0.743	0.886	0.857	0.857	0.880
	54	MC	1	1.086	0.914	1.143	0.800	1.057	1.000
	38	MC	1	0.714	0.886	0.971	0.857	0.771	0.840
	57	MC	1	1.143	1.229	0.914	1.171	0.943	1.080
Promedio				1.047	0.908	0.980	0.898	0.908	0.948

	Corral	Sexo	Sexo	ADP	ADP	ADP	ADP	ADP	ADPGral.
				14-21/12/00	21-28/12/00	28/12/00-04/01/01	4-11/01/01	11-18/01/01	
T3	34	MC	1	1.200	0.800	1.057	1.029	1.029	1.023
	41	H	2	0.886	0.886	0.714	0.743	1.086	0.863
	52	H	2	0.871	0.871	1.029	1.229	1.257	1.051
	43	MC	1	1.286	1.086	0.943	1.086	1.000	1.080
	49	MC	1	1.000	0.857	1.029	1.086	0.829	0.960
	56	MC	1	0.914	0.800	0.771	0.857	0.829	0.834
	60	MC	1	1.029	1.200	1.200	0.800	1.000	1.045
Promedio				1.027	0.929	0.963	0.976	1.004	0.980

ADP Gral.	1.042	0.853	0.927	0.931	0.916	0.934
-----------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Datos de Tesis (Consumo de Alimento, kg/día)

T1	Corral	Sexo	Sexo	Consumo Semana 1	Consumo Semana2	Consumo Semana 3	Consumo Semana 4	Consumo Semana 5	Consumo General
	33	MC	1		3.363	3.626	3.797	3.564	3.614
37	H	2		3.711	3.530	4.270	3.907	3.830	3.850
55	MC	1		3.343	3.739	3.970	3.727	3.751	3.706
39	H	2		3.159	3.271	3.629	3.560	3.650	3.454
47	H	2		3.433	3.497	3.640	3.546	3.559	3.535
50	MC	1		3.086	3.430	3.711	3.761	3.776	3.553
53	MC	1		4.110	3.936	4.489	4.793	4.533	4.372
Promedio				3.461	3.576	3.929	3.837	3.816	3.724

T2	Corral	Sexo	Sexo	Consumo Semana 1	Consumo Semana2	Consumo Semana 3	Consumo Semana 4	Consumo Semana 5	Consumo General
	35	MC	1		3.809	3.644	3.827	3.824	4.013
40	H	2		3.519	3.564	3.490	3.500	4.059	3.626
51	MC	1		3.826	3.964	4.004	4.237	4.387	4.084
42	H	2		2.950	3.476	3.803	3.726	4.233	3.638
54	MC	1		3.994	4.620	4.311	4.210	4.116	4.250
38	MC	1		3.756	3.934	3.737	3.427	3.593	3.689
57	MC	1		3.460	3.884	3.896	4.074	4.017	3.866
Promedio				3.616	3.869	3.867	3.857	4.060	3.854

T3	Corral	Sexo	Sexo	Consumo Semana 1	Consumo Semana2	Consumo Semana 3	Consumo Semana 4	Consumo Semana 5	Consumo General
	34	MC	1		4.167	4.330	4.330	4.050	4.204
41	H	2		3.239	2.980	3.476	3.184	3.174	3.211
52	H	2		3.223	2.601	3.139	3.260	3.326	3.110
43	MC	1		3.877	3.926	4.341	4.174	3.953	4.054
49	MC	1		3.909	4.009	4.463	4.609	4.491	4.296
56	MC	1		3.416	3.473	3.669	3.586	3.286	3.486
60	MC	1		3.551	4.054	4.126	3.764	3.929	3.885
Promedio				3.626	3.625	3.935	3.804	3.766	3.751

Promedio General				3.568	3.690	3.910	3.833	3.881	3.776
-------------------------	--	--	--	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Datos de Tesis (Conversión Alimenticia)

	Corral	Sexo	Sexo	Conversión	Conversión	Conversión	Conversión	Conversión	Conversión
				Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	General
T1	33	MC	1	3.04	5.29	4.15	4.30	3.61	4.08
	37	H	2	3.61	5.88	3.48	4.72	6.38	4.81
	55	MC	1	3.55	4.51	5.34	4.50	4.38	4.46
	39	H	2	3.35	5.72	8.47	3.66	5.32	5.30
	47	H	2	2.93	4.37	5.10	2.89	4.61	3.98
	50	MC	1	3.60	3.87	3.94	3.76	4.41	3.92
	53	MC	1	3.13	5.74	5.07	6.45	4.18	4.91
Promedio				3.32	5.05	5.08	4.33	4.70	4.49

	Corral	Sexo	Sexo	Conversión	Conversión	Conversión	Conversión	Conversión	Conversión
				Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	General
T2	35	MC	1	4.23	4.05	3.72	3.82	4.13	3.99
	40	H	2	2.68	4.16	4.07	4.71	4.51	4.03
	51	MC	1	3.43	4.78	3.79	4.94	5.12	4.41
	42	H	2	2.79	4.68	4.29	4.35	4.94	4.21
	54	MC	1	3.68	5.05	3.77	5.26	3.89	4.33
	38	MC	1	5.26	4.44	3.85	4.00	4.66	4.44
	57	MC	1	3.03	3.16	4.26	3.48	4.26	3.64
Promedio				3.59	4.33	3.96	4.37	4.50	4.15

	Corral	Sexo	Sexo	Conversión	Conversión	Conversión	Conversión	Conversión	Conversión
				Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	General
T3	34	MC	1	3.47	5.41	4.10	3.94	4.09	4.20
	41	H	2	3.66	3.36	4.87	4.29	2.92	3.82
	52	H	2	3.70	2.98	3.05	2.65	2.65	3.01
	43	MC	1	3.02	3.62	4.60	3.84	3.95	3.81
	49	MC	1	3.91	4.68	4.34	4.25	5.42	4.52
	56	MC	1	3.74	4.34	4.76	4.18	3.97	4.20
	60	MC	1	3.45	3.38	3.44	4.71	3.93	3.78
Promedio				3.56	3.97	4.17	3.98	3.85	3.90

Promedio General				3.49	4.45	4.40	4.22	4.35	4.18
------------------	--	--	--	------	------	------	------	------	------

Datos de Tesis (Largo de canal, Grasa Dorsal, cm)

T1	Corral	Sexo	Sexo	Largo de canal	Grosor de 1a costilla	Grosor última costilla	Grosor última vertebra lumbar	Grasa dorsal promedio
	33	MC	1		78.50	4.20	2.50	2.30
37	H	2		76.00	4.00	2.80	2.80	3.20
55	MC	1		75.00	4.90	3.00	3.00	3.63
47	H	2		74.50	4.00	3.00	2.50	3.17
53	MC	1		75.00	5.00	3.40	3.80	4.07
Promedio				75.80	4.42	2.94	2.88	3.41

T2	Corral	Sexo	Sexo	Largo de canal	Grosor de 1a costilla	Grosor última costilla	Grosor última vertebra lumbar	Grasa dorsal promedio
	40	H	2		77.00	4.30	2.00	2.00
51	MC	1		77.00	4.00	3.50	3.80	3.77
42	H	2		76.00	4.00	2.20	2.70	2.97
54	MC	1		77.00	5.80	2.40	2.40	3.53
38	MC	1		76.50	5.50	3.00	4.00	4.17
Promedio				76.70	4.72	2.62	2.98	3.44

T3	Corral	Sexo	Sexo	Largo de canal	Grosor de 1a costilla	Grosor última costilla	Grosor última vertebra lumbar	Grasa dorsal promedio
	34	4	4		76.50	5.50	3.50	3.80
52	H	2		78.00	4.00	2.00	1.50	2.50
49	MC	1		78.00	4.00	2.00	2.50	2.83
56	MC	1		76.00	4.00	2.50	2.30	2.98
60	MC	1		76.00	5.00	3.00	3.00	3.67
Promedio				76.90	4.50	2.60	2.62	3.24

Promedio General				76.47	4.55	2.72	2.83	3.36
------------------	--	--	--	-------	------	------	------	------

Determinación del fósforo en alimento animal por el método fotométrico

Ref. JAOAC (1965) 48: 654; (1976) 59: 937

1ª acción 1965, Acción final 1966

No aplicable a alimentos de mezclas minerales. El procedimiento de secado para obtener cenizas no es aplicable para alimentos o mezclas de minerales que contengan fosfato de calcio monobásico.

A.- Aparatos

Espectrofotómetro.- Capaz de aislar bandas de 400 nanómetros y aceptar celdas de diámetro menor o igual a 15 mm.

B.- Reactivos.

Reactivo de molibdovanadato.- Disuelva 40 g de molibdato de amonio tetrahidratado (NH_4 molibdato. $4\text{H}_2\text{O}$) en 400 ml de agua caliente y enfríe. Disuelva 2 g de Metavanadato de amonio en 250 ml de agua caliente y enfríe, añada 250 ml de HClO_4 (Ácido perclórico) (Precaución vea notas de seguridad sobre el ácido perclórico). Gradualmente añada la solución de molibdato a la solución de vanadato mezclando, y afore a 2 litros.

C.- Soluciones standard de fósforo.-(1) Solución stock.- 2mg P/ml. Disuelva 8.788 g de KH_2PO_4 en agua y afore a un litro. (2) Solución de trabajo.- 0.1 mg P/ml. Afore 50 ml de la solución stock a un litro.

D.- Preparación de la curva standard

Transfiera alícuotas de la solución standard de trabajo conteniendo 0.5, 0.8, 1.0, y 1.5 mg de P a matraces volumétricos de 100 ml. Añada 20 ml de reactivo de molibdovanadato, afore a volumen con agua, y mezcle bien. Deje reposar por 10 minutos; entonces lea % de Transmitancia (T) a 400 nm contra 0.5 mg de la solución standard puesto a 100 % de T, (Use celdas de diámetro menor o igual a 15 mm.). Determine mg de P desde la curva. Prepare la curva standard graficando mg de P contra % de T sobre papel semilogarítmico.

E.- Determinación

Coloque una muestra de 2 g de cenizas en un matraz de 150 ml por 4 horas a 600 °C. Enfríe y agregue 40 ml de HCl (1:3) y varias gotas de HNO₃ (Ácido nítrico) y lleve a punto de ebullición.

Enfríe, transfiera a matraces volumétricos de 200 ml y afore a volumen con agua. Filtre, y ponga alícuotas conteniendo 0.5 – 1.5 mg de P en matraces volumétricos de 100 ml. Añada 20 ml de reactivo de molibdovanadato, afore a volumen con agua, y mezcle bien. Deje reposar por 10 minutos; entonces lea % de T a 400 nm contra 0.5 mg de la solución standard puesto a 100 % de T. Use celdas de diámetro menor o igual a 15 mm. Determine mg de P desde la curva. % P = mg P en alícuotas/(g de la muestra en alícuota *10)

Ref.: JAOAC (1965) **48**: 654; (1976) **59**: 937

Equivalencias nutricionales de la enzima fitasa (**Ronozyme™ P (CT)**, Roche) *

Peso	kg	1
E. Metabolizable aves	Mcal/kg	133
Materia seca	%	99
Calcio	%	333
Fósforo disponible	%	333
Fósforo total	%	333

Mínima actividad de fitasa: 2500 FYT/g

Dosis: 500 – 1000 FYT/ kg de alimento

200 – 400 g/ton de alimento

*Fuente: Folleto técnico **Ronozyme™ P (CT)**, Roche. noviembre de 2000.

