

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria
Ingeniería Agronómica



Proyecto Especial de Graduación
Efecto del uso de fitasa en la dieta de
cerdos en etapa de engorde

Estudiante

Fernando David Soler Diaz

Asesores

Rogel Castillo, M.Sc.

Yordan Martínez, D.Sc.

Honduras, julio 2022

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA MARGARITA MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

CELIA TREJO

Directora Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	4
Índice de Anexos.....	5
Resumen	6
Abstract.....	7
Introducción.....	7
Materiales y Métodos.....	11
Localización.....	12
Materiales.....	12
Tratamiento #1.....	12
Tratamiento #2.....	12
Tratamiento #3.....	12
Variables Analizadas.....	13
Diseño Experimental y Análisis estadístico.....	13
Resultados y Discusión.....	14
Consumo de Alimento.....	14
Ganancia Diaria de Peso.....	15
Índice de Conversión Alimenticia (ICA).....	16
Fósforo Excretado.....	17
Conclusiones.....	19
Recomendaciones.....	20
Referencias.....	21
Anexos.....	23

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Efecto de la inclusión de PX FITASA 5® en el consumo de alimento (g/cerdo/día) para la etapa desarrollo y final del engorde.	15
Cuadro 2 Efecto de la inclusión de PX FITASA 5® en la ganancia diaria de peso (g/día) y peso final de los cerdos (kg) para la etapa desarrollo y final del engorde	16
Cuadro 3 Efecto de la inclusión de PX FITASA 5® en el índice de conversión alimenticia para la etapa desarrollo y final del engorde.	17
Cuadro 4 Efecto de la inclusión de PX FITASA 5® en el porcentaje de fósforo excretado en heces para la etapa desarrollo y final del engorde.....	18

Índice de Anexos

Anexo A Formulación de dietas para los tratamientos y costos en la etapa de desarrollo.....	23
Anexo B Formulación de dietas para los tratamientos y costos en la etapa final	24

Resumen

Las fitasas son enzimas exógenas que cuando son utilizadas en la nutrición de los cerdos mejoran el aprovechamiento de los nutrientes , con mayor énfasis el fósforo, lo que su vez reduce la excreción de este mineral. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la inclusión de fitasa en la dieta de cerdos sobre el desempeño productivo en la etapa de desarrollo y final del engorde, fue realizado entre octubre 2021 y enero de 2022. Se utilizaron 121 cerdos de las razas Yorkshire, Duroc, Landrace y cruzamientos entre estas mismas. Se evaluaron tres tratamientos dietéticos, grupo control (T1) formulada con una dieta basal, inclusión de 0.01% (T2) y 0.02% (T3) en la dieta base. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (BCA) mediante el programa Statistical Analysis System (SAS) basado en 3 tratamientos con 3 repeticiones cada uno. No se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) sobre la variable ganancia diaria de peso en la etapa de desarrollo (884.3 g), sin embargo, para la etapa final mostró diferencias entre los tratamientos T1 y T2 ($P=0.05$), T1 (941.7 g), T2 (1302.8 g) y T3 (1211.3 g). Para la variable de índice de conversión alimenticia y el consumo de alimento no se presentaron diferencias. El porcentaje de fósforo excretado presentó diferencias significativas ($P \leq 0.05$), siendo el tratamiento control que presentó un mayor porcentaje de fósforo excretado (1.99%) versus T2 (0.80%) y T3 (0.99%). Los pesos alcanzados durante todo el experimento no presentaron diferencias entre los tratamientos.

Palabras clave: enzimas exógenas, fósforo disponible, porcino.

Abstract

Phytases are exogenous enzymes that, when used in pig nutrition, improve the use of nutrients, with greater emphasis on phosphorus, which in turn reduces the excretion of this mineral. The objective of this study was to evaluate the effect of the inclusion of phytase in the diet of pigs on the productive performance in the development stage and final fattening, it was carried out between October 2021 and January 2022. One hundred and twenty-one pigs of the breeds were used. Yorkshire, Duroc, Landrace and crosses between them. Three dietary treatments were evaluated, control group (T1) formulated with a basal diet, inclusion of 0.01% (T2) and 0.02% (T3) in the base diet. A randomized complete block design (BCA) was used using the Statistical Analysis System (SAS) program based on 3 treatments with 3 replications each. No significant differences ($P > 0.05$) were found on the variable daily weight gain in the development stage (884.3 g), however, for the final stage it showed differences between treatments T1 and T2 ($P = 0.05$), T1 (941.7 g), T2 (1302.8 g) and T3 (1211.3 g). For the feed conversion index variable and feed consumption there were no differences. The percentage of excreted phosphorus presented significant differences ($P \leq 0.05$), being the control treatment that presented a higher percentage of excreted phosphorus (1.99%) versus T2 (0.80%) and T3 (0.99%). The weights achieved throughout the experiment did not show differences between the treatments.

Keywords: exogenous enzymes, available phosphorus, pig

Introducción

La carne de cerdo juega un papel importante como principal fuente de proteína en la nutrición humana. A través de los tiempos, el cerdo ha ido transformándose de un animal muy rústico en un animal sumamente eficiente para transformar alimentos, principalmente granos a proteína animal de alta calidad biológica. Cabe mencionar que este animal rinde hasta 75% de carne en canal, teniendo un mayor rendimiento que el de los bovinos (INTAGRI 2019). Además de contribuir a la seguridad alimentaria como fuente de proteínas, el cerdo también puede representar una red de seguridad financiera (FAO 2021) a pesar de ello, los precios a nivel mundial de la carne disminuyeron a partir del 2020 debido al efecto de la pandemia de COVID-19. Los obstáculos logísticos y la disminución del gasto en servicio de alimentos y de los hogares redujeron temporalmente la demanda de importaciones de algunos de los principales países importadores. Sin embargo, la producción de carne permaneció estable debido al incremento en la producción de carne de aves de corral el cual compensó la disminución en la producción de carne de cerdo la cual presentó otra limitante como lo fue el reciente brote de Peste porcina siendo el causante principal de la reducción de la producción de carne de cerdo en Asia Oriental, particularmente en China (OCDE y FAO 2021). Después de dos años de disminución impulsada por la peste porcina africana, se prevé que la producción de carne de cerdo se expandirá, con un aumento de 2,2 %, a 346 millones de toneladas. La mayor parte del aumento previsto se debe a una recuperación de la producción de China, que se espera que alcance los 46 millones de toneladas, un aumento del 10 % con respecto a 2020 y un 85 % del nivel anterior a la Peste porcina (FAO 2021).

Las fitasas son enzimas exógenas que mejoran la digestión y absorción del fósforo al utilizarlos como aditivos en los productos de la alimentación porcina. Por lo tanto, su principal objetivo radica principalmente, en que van a permitir una mejor utilización del fósforo que ya se encuentra en la dieta y que no es asimilable por el cerdo debido a que se encuentra en forma de fitatos cuya biodisponibilidad para los cerdos es casi nula causando hidrólisis para producir ortofosfato inorgánico capaz de ser absorbido por el cerdo. Teniendo en cuenta que el fósforo es el segundo mineral de mayor importancia desde el punto de vista cuantitativo en el organismo del cerdo; localizando sus

depósitos en un 80% en los huesos y dientes, el resto se distribuye por todo el organismo animal, en tejidos y fluidos blandos (Quiles 2013).

El fósforo (P) se almacena principalmente en forma de fitatos en las plantas, por lo que cuando las dietas son fabricadas con ingredientes de origen vegetal está poco disponible para el ganado monogástrico, como los cerdos y las aves de corral esto debido a que no son capaces de producir enzima fitasa a diferencia de los rumiantes. La actividad de la fitasa vegetal varía mucho entre las especies de plantas, lo que da como resultado una hidrólisis de fitato gastrointestinal diferente en animales monogástricos. Además de la suplementación con fitasa microbiana, las técnicas de procesamiento son enfoques alternativos para reducir el contenido de fitatos. Por lo tanto, técnicas como la germinación, el remojo y la fermentación permiten la activación de la fitasa vegetal de origen natural, entre otras. Sin embargo, se necesitan más investigaciones para aprovechar el potencial de estas tecnologías (Humer et al. 2015).

La mayor parte del fósforo introducido al medio ambiente por el sector agrícola proviene del estiércol animal. Los cerdos excretan aproximadamente el 90% del fósforo sobrante a través de los purines. Por este motivo, cuando se utiliza estiércol como abono, la planta no es capaz de extraer todo el fósforo. La filtración de este exceso de mineral, a través de la tierra, puede acelerar el crecimiento de algas en cauces de aguas o mares y causar eutrofización, lo cual se convierte en un gran problema para la vida acuática. Las consecuencias directas son, la imposibilidad de llevar a cabo la fotosíntesis en el fondo de dicho cuerpo de agua y por lo tanto la no producción de oxígeno libre (RAPAL 2010). Sin embargo, las fitasas son la solución más efectiva para el problema, al tratarse de una enzima que actúa liberando el fósforo unido al ácido fítico, de manera que es absorbido, reduciéndose la excreción de este por parte del cerdo. Por lo tanto, la utilización de materias vegetales bajas en fitatos y la inclusión de fitasas en las dietas mejoran la digestibilidad del fósforo (Quiles 2013).

Mientras la penetración de la fitasa en el mercado mundial es aproximadamente del 90%, se estima que solo el 70% de los productores de ganado porcino emplean esta enzima (Duran 2015). En

la actualidad este porcentaje ha ido en aumento debido a que día a día se realizan más investigaciones sobre dicha enzima y el conocimiento se ha vuelto más accesible para los poricultores. Dichas investigaciones han logrado demostrar que el uso de fitasas tiene también un efecto en otros nutrientes a considerar.

El uso de la enzima fitasa para reducir los costos de formulación mediante la liberación de minerales como el fósforo ha producido importantes beneficios económicos, sobre todo para el sector de fabricación de alimentos. Se estima que el costo total para la industria de los efectos anti nutricionales del fitato es cercano a € 2000 millones al año en el rendimiento perdido. Hasta la fecha, el fitato se ha relacionado con calcio reducido, zinc, magnesio, sodio y la digestibilidad de cobre, además de la reducción de la digestibilidad de aminoácidos por 3–16%, dependiendo de la composición de la dieta (Rob Ten Doeschate 2015).

En el lechón y el cerdo de engorde es posible encontrar efectos manifiestos posterior a la aplicación de la fitasa microbiana; la digestibilidad aparente del fosforo en cerdos de engorde y lechones a partir de raciones puramente vegetales aumenta de 20 a 25 puntos mediante la adición de 1000 FTU/Kg de alimento, suplementos superiores a esta cantidad ya no causan efectos sobre la digestibilidad del fósforo (Jimenez 2006).

Según Tocto (2019), al aplicar mayores porcentajes de fitasa como suplementación en la dieta, causa efectos positivos en sobre la ganancia de peso y conversión alimenticia, esto genera un gran beneficio económico y un mejor manejo de los recursos.

EL uso de fitasas al mismo tiempo podría contribuir a un mejoramiento de las condiciones ambientales donde se desarrolla la crianza del ganado porcino, sobre todo en un estatus de producción intensiva debido a que reduce en porcentajes significativos la excreción de nutrientes el cual permite un mejor manejo de aguas residuales (Tolon et al. 2007).

El objetivo del estudio fue evaluar la inclusión de fitasa en la dieta de cerdos de engorde en etapa de desarrollo y final sobre el consumo de alimento, ganancia diaria de peso, índice de conversión alimenticia, peso final y excreción de fósforo en las heces.

Materiales y Métodos

Localización

El estudio se llevó a cabo en la Granja Porcina Educativa de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicada en el Valle del Río de Yeguaré, a 32 km al sureste de Tegucigalpa, Honduras, con una temperatura promedio de 27 °C, una precipitación promedio anual de 1100 mm y a una altura de 800 msnm. El estudio se realizó entre los meses de octubre 2021 a enero de 2022.

Materiales

Se utilizaron 121 cerdos de las razas Yorkshire, Duroc, Landrace y cruzamientos entre las tres, en etapa de desarrollo (105 a 140 días de edad) y final (141 a 161 días de edad) del engorde, las cuales se distribuyeron en 9 corrales de 15 m² con dimensiones de 3 × 5 m, con comederos de tolva de acero inoxidable y bebederos de chupete siendo cada corral tomado como una unidad experimental, cada tratamiento constaba de 3 repeticiones haciendo un total de 9 corrales.

Los cerdos se alimentaron de manera *ad-libitum*

Se evaluaron 3 tratamientos dietéticos:

Tratamiento #1

Los cerdos recibieron la dieta base sin incluir fitasa, el cual fue utilizado como control durante la etapa desarrollo y final de engorde.

Tratamiento #2

Se le agregó 0.01% del producto PX FITASA 5[®] a la dieta base como aditivo enzimático para los cerdos en etapa desarrollo y final del engorde.

Tratamiento #3

Se le agregó 0.02% del producto comercial PX FITASA 5[®] a la dieta base como aditivo enzimático para los cerdos en etapa desarrollo y final del engorde.

La formulación de las dietas para cada tratamiento en su respectiva etapa se encuentran en los anexos A y B.

Variables Analizadas

Ganancia diaria de peso (GDP): Los cerdos fueron pesados al inicio y final en la etapa desarrollo y final del engorde.

Consumo diario de alimento (CDA): El alimento fue proporcionado de manera *ad-libitum*, se pesó lo ofrecido diariamente hasta el final de cada fase de alimentación.

Índice de conversión alimenticia (ICA): Se obtuvo mediante la división del consumo diario de alimento entre la ganancia diaria de peso de los cerdos.

Peso final: Al culminar el proceso de engorde en las etapas de desarrollo y final se evaluó el peso alcanzado por los cerdos (kg).

Análisis de fósforo excretado: Se tomaron muestras de las heces durante cada una de las etapas evaluadas y fueron enviadas al laboratorio de suelos de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano para la determinación del fósforo. Se eliminó la materia orgánica por ignición a 500° C , luego se hizo una digestión ácida con ácido clorhídrico al 2N hasta alcanzar la evaporación. Se realizó un filtrado y se llevó la muestra a un volumen de 100 ml. Al tomar la alícuota, la determinación del fósforo fue mediante el método de ácido ascorbico.

Diseño Experimental y Análisis estadístico

Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), con tres tratamientos y tres repeticiones por tratamiento, considerando cada corral como una unidad experimental. Los datos fueron analizados haciendo uso del paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS), se realizó un análisis de varianzas y la prueba de rango múltiple de DUNCAN. Todos los análisis fueron realizados con un nivel de significancia del 95%.

Resultados y Discusión

Consumo de Alimento

En el cuadro 1, los tratamientos experimentales no presentaron diferencias significativas para el consumo de alimento en la etapa desarrollo y final del engorde ($P>0.05$), dichos resultados son similares a los obtenidos en el experimento realizado por Metzler-Zebeli et al. (2020) donde tomaron en cuenta diferencias entre hembra y macho, los resultados para el consumo de alimento fueron similares entre el tratamiento control y el tratamiento con fitasa a excepción de las primeras tres semanas del experimento, donde afirman que las hembras consumieron menos que los machos. Asimismo, en el estudio realizado por Alvarado y Ronquillo (2021) en el cual se evaluó el efecto del uso de fitasa en dietas de cerdas lactantes, nos especifica que el efecto de fitasa no muestra diferencias significativas en el consumo de alimento, lo que concuerda con lo obtenido en el presente proyecto. Las medias presentadas sobre la variable consumo por el análisis estadístico para la etapa desarrollo fue de 2502.73 g mientras que para la etapa final fue de 3259.81 g (Cuadro 1). De igual manera el estudio realizado por Sepúlveda y Agudelo (2001) mediante la inclusión de fitasa sobre el rendimiento y absorción de fósforo en cerdos nos muestra que no existieron diferencias significativas sobre la variable de consumo diario de alimento.

La variabilidad observada entre las medias de ambas etapas puede estar influenciada debido a que el cerdo tiende a aumentar su consumo en etapa final como nos afirma Paulino (2016), también se puede agregar que el consumo de alimento en los cerdos se ve afectado por diversos factores fisiológicos, ambientales y nutricionales los cuales influyen en el desempeño productivo de los cerdos en las diferentes etapas.

Cuadro 1

Efecto de la inclusión de PX FITASA 5® en el consumo de alimento (g/cerdo/día) para la etapa desarrollo y final del engorde.

Tratamientos	Desarrollo	Final
Control	2505.1 ± 23.48	2814.8 ± 1028
PX FITASA 5® 0.01%	2587.1 ± 196.98	3488.6 ± 257.86
PX FITASA 5® 0.02%	2416.0 ± 364.97	3476.1 ± 133.73
Valor de P	0.69	0.37
C.V %	9.58	18.93

Nota. C.V: Coeficiente de variación; PX FITASA 5®: Aditivo enzimático.

Ganancia Diaria de Peso

Los tratamientos no presentaron diferencias ($P > 0.05$) para la variable ganancia diaria de peso en la etapa de desarrollo del engorde, sin embargo, en la etapa final se obtuvo diferencias ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos (Cuadro 2), obteniendo mayores ganancias de peso al adicionar la enzima a la dieta, tal cual afirma Toaing (2011), las enzimas ponen a disponibilidad fósforo asimilable extraído de las materias primas vegetales con lo que favorece a la formación y mineralización de la matriz orgánica de los huesos actuando en el crecimiento.

Existen factores que pueden afectar la eficiencia en la inclusión de fitasas en las dietas de cerdos. Como lo manifiesta Nunes y kumar (2021), la ganancia diaria de peso puede variar por diversos factores incluyendo pH, temperatura, presencia de fósforo o calcio y por la interacción con otras enzimas.

En la etapa final del engorde no existieron diferencias entre los tratamientos que contenían la enzima, y el nivel de 0.02% demostró ser estadísticamente igual al tratamiento control (Cuadro 2).

Cuadro 2

Efecto de la inclusión de PX FITASA 5® en la ganancia diaria de peso (g/día) y peso final de los cerdos (kg) para la etapa desarrollo y final del engorde

Tratamientos	Desarrollo	Final	Peso final
Control	888.6 ± 82.42	941.7 ^b ± 173.84	97.76 ± 8.95
PX FITASA 5® 0.01%	922.2 ± 109.46	1302.8 ^a ± 159.07	103.42 ± 6.62
PX FITASA 5® 0.02%	842 ± 136.58	1211.3 ^{ab} ± 78.22	98.16 ± 5.16
Valor de P	0.69	0.05	0.57
C.V %	12.63	12.44	7.09

Nota. C.V: Coeficiente de variación; PX FITASA 5®: Aditivo enzimático.

Los resultados obtenidos fueron similares al estudio realizado por López (2008), en el cual muestra que suplementos más elevados ya no condujeron a un aumento adicional en la digestibilidad del fósforo y que entre la ganancia de peso en fase de crecimiento y final, no existieron diferencias.

Para la variable peso final no existieron diferencias significativas entre tratamientos ($P > 0.05$). Sin embargo, los resultados obtenidos en el presente estudio no coinciden con el trabajo realizado por Tocto (2019) sobre el peso final alcanzado, el cual demuestra que se obtuvieron pesos superiores con una mayor inclusión de fitasas (5%) en relación al tratamiento control utilizado. Adicionalmente, el experimento realizado por Toainga (2011) nos muestra resultados similares, en los cuales obtuvo mayores pesos en los tratamientos con la inclusión de fitasa líquida, superando estadísticamente la ganancia de peso a los cerdos pertenecientes al tratamiento control.

Índice de Conversión Alimenticia (ICA)

Los resultados obtenidos del análisis estadístico muestran que no existen diferencias significativas entre los tratamientos ($P > 0.05$). Dichos resultados muestran que los niveles de 0.01% y 0.02% de inclusión de fitasa no afectó sobre la variable ICA. Sin embargo, de acuerdo con el trabajo realizado por Tocto (2019) obtuvo diferencias significativas para la variable ICA al adicionar niveles más altos de fitasa (5% fitasa). De igual manera, en el estudio realizado por Simons et al. (1990)

afirman que el uso de fitasas puede mejorar significativamente la tasa de crecimiento y la tasa de conversión alimenticia mediante la inclusión de niveles mayores de dicha enzima (1500 UFT).

El índice de conversión alimenticia en cerdos de engorde se puede ver afectado por diversos factores, como demuestra el experimento realizado por Pierozan et al. (2016) donde el número de cerdos por corral y el sexo mostraron diferencias significativas entre sus tratamientos al adicionar enzima fitasa, sin embargo leiva et al. (2018) muestran que el adicionar mayores niveles de fitasa en las dietas de cerdos en crecimiento con bajo contenido de fósforo, no mostraron diferencias estadísticas para la variable de ICA.

Cuadro 3

Efecto de la inclusión de PX FITASA 5® en el índice de conversión alimenticia para la etapa desarrollo y final del engorde.

Tratamientos	Desarrollo	Final
Control	2.81 ± 0.28	2.98 ± 0.61
PX FITASA 5® 0.01%	2.80 ± 0.36	2.67 ± 0.45
PX FITASA 5® 0.02%	2.86 ± 0.45	2.86 ± 0.28
Valor de P	0.97	0.85
C.V %	12.94	16.47

Nota. C.V: Coeficiente de variación; PX FITASA 5®: Aditivo enzimático.

Fósforo Excretado

Los datos obtenidos del porcentaje de fósforo excretado presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.001$) entre tratamientos con fitasa versus el tratamiento control en la etapa de desarrollo (Cuadro 4). En las medias obtenida en el análisis para la etapa desarrollo se observó un porcentaje de excreción más bajo en el tratamiento con 0.01% del producto PX FITASA 5®, por lo que la inclusión de la enzima mostró un efecto importante como reductor en la excreción. Por otro lado, la media obtenida en la etapa final fue de 1.44%, mostrando los tratamientos con inclusión de fitasa, resultados estadísticamente iguales al control, el cual tenía una fuente de fósforo inorgánico (Biofos).

Cuadro 4

Efecto de la inclusión de PX FITASA 5® en el porcentaje de fósforo excretado en heces para la etapa desarrollo y final del engorde.

Tratamientos	Desarrollo	Final
Control	1.99 ^a ± 0.047	1.85 ± 0.37
PX FITASA 5® 0.01%	0.80 ^c ± 0.132	1.28 ± 0.19
PX FITASA 5® 0.02%	0.99 ^b ± 0.070	0.84 ± 0.049
Valor de P	<0.001	0.41
C.V %	7.18	25.98

Nota. D.E: Desviación estándar; C.V: Coeficiente de variación; PX FITASA 5®: Aditivo enzimático.

^{abc}= números con letras distintas en la misma columna son estadísticamente diferentes.

La reducción del fósforo en las excretas del cerdo coincide con el estudio realizado por Martínez et al. (2009) quienes mostraron aproximadamente una reducción del 60% de fósforo excretado con respecto a la dieta control, de esta manera, Ferket et al. (2002) también concluyeron que la enzima fitasa reduce la excreción de fósforo en las heces trayendo consigo beneficios para el medio ambiente. Además, en el estudio realizado por Zeng et al. (2011) sobre el efecto de diferentes niveles de inclusión de fitasa en dietas para cerdos destetados, nos señalan que dicha enzima es eficaz en la liberación de fósforo, calcio y aminoácidos que se encuentran ya en las dietas, reduciendo de esta forma la excreción de los mismos.

Harper et al. (1997) evaluaron la digestibilidad y reducción de fósforo en cerdos en etapa de crecimiento a final de engorde mediante la suplementación de distintos niveles de inclusión (250 y 500 UFT) del producto comercial PX FITASA 5 como aditivo enzimático, el cual nos muestra una mejora lineal en la digestibilidad del fósforo contenido en las dietas con niveles mayores en la inclusión de dicha enzima, por lo tanto una reducción del 21.5% de fósforo excretado versus la dieta control utilizada sin fitasa. Asimismo, dichos resultados son similares a los obtenidos por Yi et al. (1996) en el cual señala la reducción del fósforo excretado mediante la inclusión de fitasas.

Conclusiones

La inclusión de fitasa en la dieta de cerdos de engorde no modificó el índice de conversión alimenticia, consumo de alimento y peso final.

El tratamiento con la inclusión de 0.01% de PX FITASA 5 a la dieta en la etapa final del engorde tuvo un mejor desempeño productivo sobre la variable ganancia diaria de peso en comparación al tratamiento control.

La inclusión de fitasa en el alimento de cerdos de engorde reduce las cantidades de fósforo excretado en las heces.

Recomendaciones

Realizar el estudio utilizando fitasas de diferente origen para identificar cual tiene un mejor desempeño.

Repetir el experimento eliminando fuentes de variación estadística para una mayor precisión de resultados.

Tomar un mayor número de muestras de heces para analizar y de esta manera mejorar la precisión de resultados sobre la variable fósforo excretado.

Referencias

- Alvarado CS, Ronquillo DA. 2021. Efecto del uso de fitasa (PX FITASA 5®) en dieta de cerdas lactantes [Pregrado]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/7025/1/CPA-2021-T006.pdf>.
- Duran R. 2015. Utilización de fitasas en porcino: un beneficio real. https://www.3tres3.com/articulos/revision-del-uso-de-fitasas-en-ganado-porcino-datos-recientes_35195/.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y Agricultura. 2021. Cerdos y la Producción animal. [sin lugar]: [sin editorial]. <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/pigs/production.html>.
- Ferket PR, van Heugten E, van Kempen, T. A. T. G., Angel R. 2002. Nutritional strategies to reduce environmental emissions from nonruminants. *J Anim Sci.* 80(E-suppl_2):E168-E182. doi:10.2527/animalsci2002.80E-Suppl\textunderscore.
- Harper AF, Kornegay ET, Schell TC. 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(12):3174–3186. eng. doi:10.2527/1997.75123174x.
- Humer E, Schwarz C, Schedle K. 2015. Phytate in pig and poultry nutrition. *Journal of animal physiology and animal nutrition.* 99(4):605–625. doi:10.1111/jpn.12258.
- INTAGRI. 2019. Sistema de producción Porcina. [sin lugar]: [sin editorial]. <https://www.intagri.com/articulos/ganaderia/sistemas-de-produccion-porcina>.
- Jimenez MV. 2006. Efecto de la fitasa en la suplementación de dietas para cerdos en pre-iniciación. Mexico: Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. <http://repositorio.uaaan.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/5985/T15915%20PADILLA%20JIMENEZ%2C%20MARIA%20VICTORIA%20%20TESIS.pdf?sequence=1>.
- leiva Y, Cerisuelo A, Cambra M, Pascua J. 2018. Eficacia de una nueva fitasa microbiana en dietas de cerdos en crecimiento. *Revista ECIPeru.* 25–32. doi:10.33017/RevECIPeru2016.0004.
- López JG. 2008. La fitasa en la nutrición de cerdos [Pregrado]. Coahuila, México: Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. <http://200.7.141.37/Sitio/Archivos/fitasaenlanutriciondecerdos.pdf>.
- Martínez M, Castro M, Ayala L, Castañeda S, Almeida M. 2009. Efecto de una fitasa microbiana, procedente de la levadura *Pichia pastoris*, en el comportamiento productivo y la excreción de nutrientes de cerdos en crecimiento. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*; [consultado el 27 de jun. de 2022]. 43(2):5. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193015425011.pdf>.
- Metzler-Zebeli BU, Klinsoda J, Vötterl JC, Verhovsek D. 2020. Maturational Changes Alter Effects of Dietary Phytase Supplementation on the Fecal Microbiome in Fattening Pigs. *Microorganisms.* 8(7). doi:10.3390/microorganisms8071073.
- Nunes CS, kumar V, editores. 2021. *Enzymes in human and animal nutrition.* [sin lugar]: Andre Gerhard Wolff. ISBN: 978-0-12-805419-2. https://books.google.hk/books?hl=es&lr=&id=LOpGDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=phytase+in+animal+nutrition+and+waste+management&ots=et59WP__V8&sig=RqjR_uTP4uKstnW1qUZUndiTxx.

- [OCDE] Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2021. OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2021-2030. Paris: OECD Publishing. ISBN: 9789264813847. <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/6c9145fc-es/index.html?itemId=/content/component/6c9145fc-es>.
- Paulino J. 2016. Nutrición de los cerdos en crecimiento y finalización. <https://www.elsitioporcino.com/articulos/2683/nutrician-de-los-cerdos-en-crecimiento-y-finalizarian-1-introduccian/>.
- Pierozan CR, Agostini PS, Gasa J, Novais AK, Dias CP, Santos RSK, Pereira M, Nagi JG, Alves JB, Silva CA. 2016. Factors affecting the daily feed intake and feed conversion ratio of pigs in grow-finishing units: the case of a company. *Porcine health management*. 2:7. doi:10.1186/s40813-016-0023-4.
- Quiles A. 2013. Papel de las fitasas en la alimentacion Porcina. http://anvepi.com/img/3paco_1263466845_a.pdf.
- [RAPAL] Red de Accion en Plaguicida y sus Alternativas Para America Latina. 2010. Contaminación y eutrofización del agua: Impactos del modelo de agricultura industrial; [consultado el 27 de jun. de 2022]. (de RAPAL Uruguay):38. <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2010/08/ContaminacionEutrofizacionAgua.pdf>.
- Rob Ten Doeschate. 2015. Las fitasas y sus grandes beneficios para nuestros cerdos. [sin lugar]: [sin editorial]. <https://razasporcinas.com/la-fitasa-y-sus-grandes-beneficios-para-nuestros-cerdos/>.
- Sepúlveda CA, Agudelo FC. 2001. Efecto de la Aplicación de Fitasa Sobre el Rendimiento y Absorción de Fósforo en Cerdos [Trabajo final de grado]. Barcelona: Universidad de los Llanos Orientales. <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/3854/1/187.pdf>.
- Simons PC, Versteegh HA, Jongbloed AW, Kemme PA, Slump P, Bos KD, Wolters MG, Beudeker RF, Verschoor GJ. 1990. Improvement of phosphorus availability by microbial phytase in broilers and pigs. *The British journal of nutrition*. 64(2):525–540. doi:10.1079/BJN19900052.
- Toanga RR. 2011. Utilización de fitasa líquida en la alimentación de cerdos en las etapas de crecimiento-final [Tesis de grado]. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Técnica de Chimborazo; [consultado el 24 de mar. de 2022]. <http://dspace.espe.edu.ec/bitstream/123456789/1129/1/17T01005.pdf>.
- Tocto GV. 2019. Evaluacion de dos niveles de fitasas en la dieta de cerdos en la etapa de engorde [Trabajo experimental]. Cuenca, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana; [consultado el 24 de mar. de 2022]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16865/4/UPS-CT008125.pdf>.
- Tolon N, Dominguez H, Ly. J. 2007. Flujo de Digesta Ileal y Rectal en Cerdos Alimentados con Niveles Variables De Fitasa Exogena en la Dieta. http://www.sinv.uan.edu.mx/dr_ly/141_ntolon_14.pdf.
- Yi Z, Kornegay ET, Ravindran V, Lindemann MD, Wilson JH. 1996. Effectiveness of Natuphos phytase in improving the bioavailabilities of phosphorus and other nutrients in soybean meal-based semipurified diets for young pigs. *J Anim Sci*. 74(7):1601–1611. eng. doi:10.2527/1996.7471601x.
- Zeng ZK, Piao XS, Wang D, Li PF, Xue LF, Salmon L, Zhang HY, Han X, Liu L. 2011. Effect of Microbial Phytase on Performance, Nutrient Absorption and Excretion in Weaned Pigs and Apparent Ileal Nutrient Digestibility in Growing Pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 24(8):1164–1172. doi:10.5713/ajas.2011.11016.

Anexos

Anexo A

Formulación de dietas para los tratamientos y costos en la etapa de desarrollo

Ingredientes	Control	Fitasa 1	Fitasa 2	Lps/lb
Harina de maíz	50.18	50.17	50.16	4.56
Aceite crudo de palma	4.00	4.00	4.00	11.5
Semolina de arroz	20.00	20.00	20.00	3.94
Harina de Soya	20.10	20.10	20.10	6.75
Carbonan Ca	1.40	1.40	1.40	1.53
L-Lisina	0.33	0.33	0.33	30
Fitasa (PX FITASA 5)	0	0.01	0.02	141
Melaza	3.00	3.00	3.00	1.41
DL-Metionina	0.100	0.100	0.100	54.5
Sal común	0.50	0.50	0.50	1.67
L-Treonina	0.090	0.090	0.090	36.38
Vit. cerdos	0.30	0.30	0.30	83.64
TOTAL	100.00	100.00	100.00	
Costo total lps	540.21	541.58	542.94	

Anexo B

Formulación de dietas para los tratamientos y costos en la etapa final

Ingredientes	Control	Fitasa 1	Fitasa 2	Lps/lb
Harina de maíz	53.62	54.15	54.14	4.56
Aceite crudo de palma	4.00	4.00	4.00	11.5
Semolina de arroz	10.00	10.00	10.00	3.94
Harina de soya	26.30	26.30	26.30	6.75
Carbonato Ca	1.03	1.03	1.03	1.53
BIOFOS	0.54	0	0	14.99
L-Lisina	0.50	0.50	0.50	30
Fitasa (PX FITASA 5)	0	0.01	0.02	141
Melaza	3.00	3.00	3.00	1.41
DL-Metionina	0.065	0.065	0.065	54.5
Sal común	0.50	0.50	0.50	1.67
L-Treonina	0.100	0.100	0.100	36.38
Vit. cerdos	0.30	0.30	0.30	83.64
Paylean	0.050	0.050	0.050	208.86
TOTAL	100.00	100.00	100.00	
Costo total lps	579.88	575.61	576.98	