



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**



**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Componente práctico del Examen de Grado de carácter Complexivo,  
presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito para  
obtener el título de:

**INGENIERA AGROPECUARIA**

**TEMA:**

“Importancia de las enzimas exógenas en la nutrición de cerdos”

**AUTORA:**

Karla Verónica Segura Ortiz

**TUTORA:**

Ing. Zoot. Carmen Vásconez Montúfar, Mgtr. Cs.

BABAHOYO – LOS RÍOS – ECUADOR

2022

## RESUMEN

La presente revisión bibliográfica trata sobre la importancia de las enzimas exógenas en la nutrición de cerdos. La utilización de enzimas en la nutrición de cerdos, puede ser una buena alternativa como aditivo en raciones formuladas con materias primas no tradicionales con el fin de mejorar la digestibilidad de los alimentos e incrementar la productividad en los sistemas porcinos. Las enzimas exógenas son aditivos catalizadores que facilitan el aprovechamiento de nutrientes, en la actualidad adicionarlas al alimento de los animales de granja es una práctica generalizada que incluye la mejora productiva de las diferentes especies que se consideran de interés zootécnico; hay que tener en cuenta que adicionar productos enzimáticos a la fórmula alimenticia crea diversos efectos, tanto a nivel productivo como a nivel ecológico o ambiental. Además, es importante reconocer que las enzimas son sustancias que actúan de manera muy efectiva al momento de absorber nutrientes, por lo que adicionarlas al alimento complementan a las que se producen de manera natural en el tracto digestivo del cerdo, favoreciendo la economía del productor gracias a la mejora productiva del cerdo. Por medio de este trabajo, se brinda información relevante con respecto a la importancia que tiene adicionar enzimas digestivas en los alimentos de consumo para la producción de cerdo.

**Palabras claves:** Alimentación, Digestión, Enzimas.

## SUMMARY

This bibliographic review deals with the importance of exogenous enzymes in pig nutrition. The use of enzymes in pig nutrition can be a good alternative as an additive in rations formulated with non-traditional raw materials in order to improve feed digestibility and increase productivity in pig systems. Exogenous enzymes are catalyst additives that facilitate the use of nutrients. Currently, adding them to the feed of farm animals is a general practice that includes the productive improvement of the different species that are considered to be of zotechnical interest; It must be taken into account that adding enzyme products to the food formula creates various effects, both at a productive level and at an ecological or environmental level. In addition, it is important to recognize that enzymes are substances that act very effectively when absorbing nutrients, so adding them to the feed complements those that are produced naturally in the digestive tract of the pig, favoring the economy of the producer thanks to the productive improvement of the pig. Through this work, relevant information is provided regarding the importance of adding digestive enzymes in food for pig production.

**Keywords:** Feed, Pigs, Enzymes.

## Índice de contenidos

RESUMEN .....	ii
SUMMARY .....	iii
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I .....	3
MARCO METODOLÓGICO .....	3
1.1. Definición del tema caso de estudio .....	3
1.2. Planteamiento del problema .....	3
1.3. Justificación .....	4
1.4. Objetivos .....	5
1.4.1. General .....	5
1.4.2. Objetivos Específicos .....	5
1.5. Fundamentación teórica .....	6
1.5.1. Sistema digestivo de los cerdos .....	7
1.5.1.1. Morfo-Fisiología del aparato digestivo de los lechones .....	7
1.5.1.2. Generalidades de las enzimas .....	9
1.5.1.3. Papel de las enzimas endógenas en la absorción y asimilación de nutrientes .....	9
1.5.2. Enzimas exógenas .....	11
1.5.2.2. Función principal de las enzimas .....	13
1.5.3. Absorción de nutrientes y su relación con la reducción de daños ambientales .....	15
1.5.4. Principales enzimas comerciales .....	18
1.5.5. Uso de aditivos enzimáticos y desempeño productivo de los cerdos .....	20
1.6. Hipótesis .....	23
1.7. Metodología de la investigación .....	23

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	24
2.1. Desarrollo del caso .....	24
2.2. Situaciones detectadas .....	24
2.3. Soluciones planteadas .....	25
2.4. Conclusiones .....	26
2.5. Recomendaciones .....	26
BIBLIOGRAFÍA.....	27

## Índice de cuadros

Tabla 1. Beneficios de las principales enzimas y sustratos sobre el cual actúa....	19
Tabla 2. Efecto de las enzimas sobre los parámetros productivos de los cerdos.	20
Tabla 3. Efecto de las enzimas exógenas sobre el crecimiento de lechones (1 al 15 d post-destete). .....	21
Tabla 4. Efecto de las enzimas exógenas sobre el crecimiento de lechones. ....	21
Tabla 5. Efecto de las enzimas exógenas sobre el crecimiento de lechones. ....	22

## Índice de figuras

Figura 1. Dinámica enzimática durante las primeras semanas de vida del lechón. ....	10
Figura 2. Estrategias para reducir la excreción de nitrógeno en la granja porcina. ....	16
Figura 3. Excreción de P en heces de cerdos en la fase crecimiento y acabado (P<0,05). ....	22

## INTRODUCCIÓN

El consumo per cápita de la carne de cerdo en el Ecuador se ha venido incrementando en las últimas dos décadas, esto se debe principalmente a las excelentes características organolépticas que presenta, es considerada una carne muy apetitosa y apreciada por los consumidores por los que se la utiliza en una gran variedad de platos típicos en todas las regiones del país.

La producción de carne de cerdo en el país se ha duplicado entre 2009 y 2018. Pasó de 90 mil TM a un estimado para este año de 173 mil 194 TM. Este incremento en la producción nacional también influyó en una reducción de las importaciones, que en 2010 fueron de 10 mil 203 TM, pero que para 2018 se calcula en 3 mil 872 TM (ASPE 2018).

Así mismo ASPE indica que la producción de cerdos en el país se calcula en aproximadamente dos millones. Esta realidad hace que el sector porcicultor tenga una importancia en la economía nacional, pues se estima en alrededor de 600 millones el valor de la producción; genera 80 mil empleos directos lo que beneficia a unas 200 mil familias que viven en el sector rural. Del total de productores al menos el 97% son pequeños.

Cabe recalcar que el ciclo productivo del cerdo es corto, no obstante, el alimento que se le oferta muchas veces no es aprovechado fácilmente debido a los FAN (factores antinutricionales) que poseen los granos que se emplean en la elaboración de dichos piensos alimenticios, lo que repercute no solo en los indicadores de producción sino también en daños al medio ambiente por el contenido de contaminantes presente en los purines.

El empleo de enzimas exógenas complementa la actividad endógena,

especialmente en animales jóvenes que aún no han desarrollado el tracto gastrointestinal (TGI); además, reducen la deyección a través de las excretas de ciertos compuestos considerados como contaminantes ambientales, sin alterar el rendimiento de los parámetros zootécnicos de la especie, e incluso se han evidenciado mejoras que favorecen la comercialización y el retorno económico para el productor.

Por lo expuesto anteriormente, la presente investigación pretende dar a conocer todo lo relacionado al uso de las enzimas exógenas en la nutrición de cerdos, a fin de fortalecer el conocimiento de los futuros profesionales gracias al análisis que se presentará al finalizar este documento.

# **CAPÍTULO I**

## **MARCO METODOLÓGICO**

### **1.1. Definición del tema caso de estudio**

El presente documento detalla la importancia de las enzimas exógenas en la nutrición de cerdos, pues estas se utilizan para mejorar el proceso fisiológico natural de la digestión y absorción de nutrientes, garantizando así el aprovechamiento de varios componentes de difícil asimilación.

### **1.2. Planteamiento del problema**

Uno de los pilares básicos de la producción animal es la alimentación; sin embargo, los pequeños y medianos productores no siempre cumplen con ofertar un alimento de calidad a sus animales, provocándose una merma del rendimiento productivo de los animales y desfavoreciendo el indicador de conversión alimenticia.

Entre los desafíos que enfrenta un productor porcino, se encuentra lograr satisfacer las demandas nutricionales del animal; lo que muchas veces se considera como el simple hecho de dar alimento, pero no es así, la idea es conseguir que la ración ofertada sea aprovechada de forma eficiente. Las dietas que se ofertan a los monogástricos contienen FAN que reduce la absorción de nutrientes, esto puede deberse quizás a la edad del animal o a la tasa de pasaje del alimento a través del TGI.

Adicionar enzimas en la dieta favorece la absorción de nutrientes, la salud

del animal y, por ende, se contribuye en muchos de los parámetros zootécnicos de los cerdos, logrando que el productor invierta lo necesario en este rubro (alimentación) y, reduzca de manera proporcional la emisión de componentes contaminantes al ambiente (Nitrógeno -N- y Fósforo -P-) que se conoce son provocados por la mala gestión de desechos en porquerizas (purines).

### **1.3. Justificación**

En los sistemas de producción porcino el costo de la alimentación repercute en la economía del productor, por lo que se debe considerar previamente las materias primas con las que se producen los piensos nutricionales, puesto que muchas de ellas no pueden ser fácilmente aprovechables por el animal; aunque de manera natural todas las especies degradan los componentes alimenticios de la ración, no siempre logran ser aprovechados de manera eficiente, de ahí la importancia de incorporar complementos a la ración alimenticia del animal.

El uso de aditivos zootécnicos es una de las estrategias empleadas para mejorar el rendimiento productivo de los animales y disminuir los costos de producción; en esta categoría se incluyen a los probióticos, los prebióticos, los extractos vegetales, etc. La utilización de las enzimas a nivel nutricional es una alternativa que se ha empleado ya hace varios años en distintas especies, puesto que ha demostrado repercutir en la mejora de la productividad y la salud de los animales.

Para enfrentar esta situación, lo importante es lograr el mejor aprovechamiento de las dietas que se suministran a los cerdos, por lo tanto, el

empleo de aditivos enzimáticos aumenta de manera significativa la digestibilidad de los alimentos, mejora la degradabilidad de varios compuestos que limitan o interfieren en la utilización eficiente de los nutrientes aportados en la dieta ofertada en las distintas etapas de los cerdos. En base a lo señalado, las revisiones bibliográficas van a aportar con información relevante con respecto a las enzimas exógenas que se emplean mayormente en la dieta de los cerdos.

#### **1.4. Objetivos**

##### **1.4.1. General**

Valorar la importancia que tiene el uso de enzimas exógenas en la nutrición de cerdos para dar a conocer su aporte en los indicadores de producción y en la reducción de contaminantes presentes en los purines.

##### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Recopilar información científica en los diferentes tipos de enzimas exógenas utilizada en la alimentación de los cerdos.
- Identificar los efectos positivos de utilizar enzimas exógenas en las distintas etapas de la producción de cerdos.

### **1.5. Fundamentación teórica.**

Según Giménez-Rico (2014) una dieta con un nivel elevado de polisacáridos no amiláceos (PNA) en cerdos (todas sus etapas) tendrá un efecto negativo sobre la digestibilidad de los nutrientes; aunque es claro que los lechones son los que se verán más afectados; por lo que la estrategia para mantener buenos resultados durante la etapa de transición (destete-recría) es la inclusión anticipada de alimento pre-starter que favorezca a reducir el estrés natural provocado por la separación de la madre en etapas tempranas (destete comercial de tres a cuatro semanas).

Según Quintero, (1995) los lechones no son capaces de digerir de manera eficiente los almidones, ya que la actividad amilolítica en su sistema digestivo es muy baja; por lo tanto, la producción enzimática en esta edad es insuficiente, lo que demuestra la inhabilidad de los cerdos a responder rápidamente a los cambios de sustrato dentro de la dieta. Sin embargo, es importante señalar que los cerdos en sistemas comerciales donde la transición se da con el mayor de los cuidados, los cerdos empiezan a consumir alimento de manera precoz lo que contribuye a una fácil adaptación de su sistema digestivo.

Valdivia, *et al.* 2019:

En la crianza animal, la alimentación constituye una de las actividades más importantes y costosas; este hecho posee relevancia especial, si se tiene en cuenta el incremento en los últimos años, del precio de las materias primas usadas para este propósito. Es por esta razón que la industria alimentaria está en la búsqueda constante de alternativas que permitan incorporar aditivos que permitan el aprovechamiento eficiente de los alimentos que se emplean en la producción animal.

### **1.5.1. Sistema digestivo de los cerdos.**

El sistema digestivo de los cerdos comprende una serie de órganos y estructuras especializadas para poder disponer de los compuestos suministrados en el alimento, componentes necesarios que se utilizarán internamente para el crecimiento y desarrollo del animal. Por otra parte, se debe de recalcar que, al ser un animal omnívoro, el sistema digestivo del cerdo es capaz de aprovechar residuos vegetales y varios tipos de materia prima.

Si los productores porcinos logran proporcionar de manera correcta la cantidad de nutrientes necesarios para el cerdo en cada una de sus etapas, este logrará obtener una producción máxima tanto física como genéticamente, la cual se verá reflejada en el consumo, la ganancia de peso y la conversión alimenticia, notándose un incremento en el mercado por la buena producción de los animales.

#### **1.5.1.1. Morfo-Fisiología del aparato digestivo de los lechones**

De acuerdo (Reis, *et al.* 2012)

Los cerdos en relación con otras especies, se desarrolla muy poco durante la vida fetal, pero se acelera después del nacimiento aumentando su longitud, diámetro y peso en los primeros días de vida; por lo consiguiente, es claro que al momento del nacimiento el TGI del lechón se encuentre preparado únicamente para absorber los nutrientes aportados en la leche.

Según (Prieto, *et al.* 2017):

“Desde el nacimiento hasta la sexta semana de vida, el lechón aumenta alrededor de 7,5 veces su peso, cada uno de los órganos pasa por transformaciones importantes, por ejemplo, el páncreas aumenta 12 veces su peso absoluto; por otra parte, se debe de resaltar que el desarrollo del sistema digestivo se encuentra ligado al consumo del alimento solido por el animal”.

(Reis, *et al.* 2012) indica que:

“El cambio de la leche materna a una dieta sólida basada en almidón y proteínas de origen vegetal, hace que el TGI pase por un largo proceso de adaptación, debido a que este no estaba preparado para digerir dichos nutrimentos”.

Sin embargo, al momento de realizar un destete temprano sufre algunas alteraciones en el proceso digestivo, dificultando la asimilación de proteínas y energías que el cerdo requiere en su etapa inicial; es por esto, que Márquez (2018) señala que “el lechón durante al menos una semana post-destete no consume pienso al mismo nivel que hacía mientras permanecía con su madre”.

En los días alrededor del destete se presentan varios cambios en la vida del lechón, los cuales conducen a una disminución en el consumo de alimento, lo que conduce a un estrés nutricional; estos cambios afectan directamente a las vellosidades intestinales, bajando el rendimiento del lechón para digerir y absorber los nutrientes necesarios que el cerdo necesita para su buen desarrollo (Reis, *et al.* 2012)

A medida que el cerdo crece la capacidad de aprovechar el alimento sólido se verá favorecida, puesto que, con la edad, la absorción de nutrientes será mayor gracias al desarrollo de la capacidad enzimática endógena del animal para utilizar esos nutrientes. (Rueda, 2008); por lo que realizar destetes con un peso superior a los 6 kg contribuirá a la salud intestinal y a la mejor absorción de los nutrientes aportados en el alimento utilizado para la transición.

Una vez que los animales empiezan a consumir alimento sólido, el organismo pasa por un proceso de adaptación a todos los factores adversos antes mencionados y los animales comienzan a recuperar el crecimiento del TGI y con ello sus funciones digestivas; entonces podemos decir que la cantidad de

alimento que se le da y los productos básicos que las dispone tiene una gran importancia en la maduración TGI del cerdo. (Reis, *et al.* 2012)

#### **1.5.1.2. Generalidades de las enzimas.**

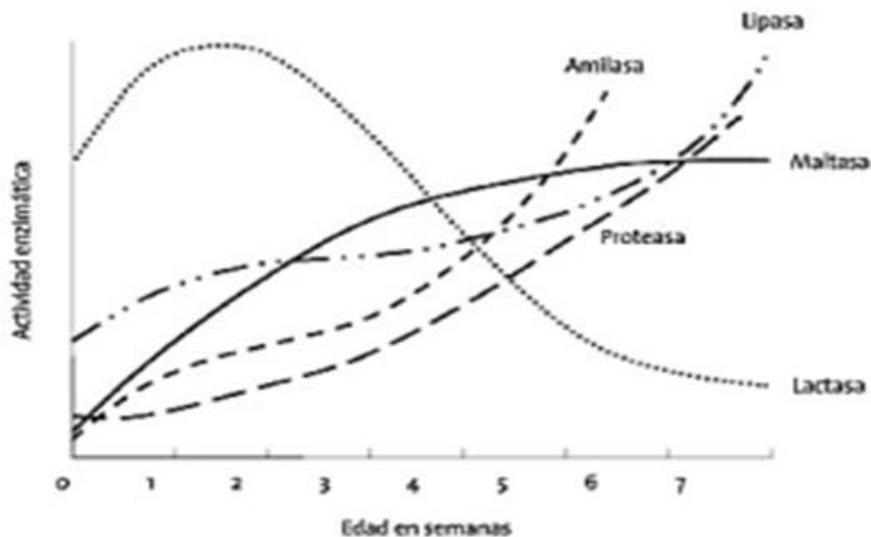
(Quintero, 1995) indica que:

Las enzimas son catalizadores biológicos constituidas por proteínas y otras sustancias semejantes a las vitaminas y minerales, que hacen posible las diferentes reacciones químicas de los procesos metabólicos (anabólicos y catabólicos) de la digestión y metabolismo animal. Y, aunque en la industria biotecnológica de alimentos se las llama “caballos de trabajo”, aún no han sido totalmente explotadas en la industria de alimentación animal.

#### **1.5.1.3. Papel de las enzimas endógenas en la absorción y asimilación de nutrientes.**

De forma natural el TGI de los animales se prepara para absorber distintos tipos de nutrientes; sin embargo, esto dependerá de la edad y el peso del lechón al momento de ser destetado, siendo mayor la absorción de ciertos componentes de la dieta cuando el sistema digestivo se ha desarrollado y la producción de enzimas endógenas para degradar dichos sustratos hayan aumentado.

Según Salgado, (2016) durante todas las etapas de producción del cerdo se requieren cubrir todas las necesidades nutrimentales, por lo que el alimento ofertado debe de ser aprovechados al máximo, para lo cual deben contar con una excelente salud intestinal desde su nacimiento, pero sobre todo en el destete donde el lechón ya no cuenta con la leche materna y la producción de la enzima lactasa declina.



**Figura 1. Dinámica enzimática durante las primeras semanas de vida del lechón.**

Como se muestra en la figura 1, durante los primeros días de vida, la enzima lactasa es la que se encuentra en mayor concentración debido al consumo de leche que los lechones posee de forma natural; por esta razón un destete temprano reduce la absorción los nutrientes del pienso debido a que los lechones carecen de enzimas necesarias para digerir carbohidratos, lípidos y proteínas que se ofertan en una ración estandarizadas.

Durante los primeros días de vida, los lechones carecen de enzimas necesarias para digerir carbohidratos, lípidos y proteínas del pienso. Con la edad, al aumentar la ingestión de alimento sólido se desarrollará la capacidad enzimática endógena del animal para utilizar esos nutrientes (Rueda 2008).

Giménez-Rico, (2014):

Se asume que un cerdo adulto puede lograr una digestión más completa de los nutrientes apoyándose en su capacidad fermentativa (intestino grueso), pero la eficacia energética de estos procesos es relativamente baja (absorción de AGV). Aún a pesar de esto existen suficientes evidencias sobre el efecto de las enzimas exógenas.

Muchas de las materias primas que se emplean en las formulaciones de piensos alimenticios para cerdos contienen PNA; según lo mencionado por Valdivia, *et al.* (2019) estos compuestos constituyen una fuerte barrera que impiden la acción eficiente de las enzimas endógenas (hidrolíticas), por lo que su ingesta se relaciona con una menor digestibilidad, debido a la retención de los nutrientes en las células del endospermo.

### **1.5.2. Enzimas exógenas**

Se consideran enzimas exógenas a aquellas sustancias catalizadora que complementan la capacidad de absorción de nutrientes en el animal, al no pertenecer al sistema digestivo del cerdo deben ser incorporada como un aditivo alimentario. Según Ravindran (2010), un aditivo alimentario es incorporado al pienso nutricional con el fin de incrementar el bienestar del animal, contribuyendo a la mejora productiva del animal.

Los piensos alimenticios a los cuales se les ha adicionado preparaciones enzimáticas son más eficientes por lo que gracias a ellas se puede incrementar la gama de materias primas a utilizar, más aún si dicho ingrediente presenta componentes antinutricionales y/o contaminantes ambientales (Quintero, 1995).

Las raciones alimenticias suministradas a los monogástricos contienen componentes indigeribles, lo que dificulta la degradación natural de varias de las materias primas con las cuales se fabrican los piensos nutricionales usados en el sector porcinos. Actualmente, existe la tendencia de utilizar aditivos comerciales que complementan la capacidad digestiva del cerdo (Barba, 2019).

Según Giménez-Rico (2014), indica que, aunque las carbohidrasas son menos aceptadas y su uso está menos admitido, es de vital importancia reconocer que, para que las enzimas supongan un beneficio en la formulación de dietas para cerdos, esta debe contener el sustrato específico suficiente para

que trabaje la enzima; por ejemplo: El uso de "xilanasas y las  $\beta$ -glucanasas" mejorarían la digestibilidad del pienso al actuar sobre materias primas fibrosas más o menos indigestibles.

Valdivia, *et al.* (2019) recalcan que, aunque existen numerosos estudios que avalan los resultados positivos de la aplicación de aditivos enzimáticos en el incremento de la digestibilidad y el mejoramiento de los indicadores productivos de los animales suplementados, existe gran variabilidad en los mismos. Esto puede estar relacionado con la diversidad de factores que intervienen en su efectividad, entre los que se destacan los propios de las enzimas en cuestión (su estabilidad y especificidad de acción entre otros).

#### **1.5.2.1. Importancia de las enzimas exógenas en la nutrición animal.**

Las materias primas con la que se fabrican los piensos alimenticios contienen varios FAN que al no ser adsorbidos de manera eficiente puede producir un déficit de nutrientes, debido que el cerdo no tiene las enzimas suficientes para digerir y liberar los nutrientes para que estén disponibles para el animal (Oregon State University, s/f). No obstante, el uso de enzimas es frecuente en animales jóvenes.

(Valdivia, *et al.* 2019):

El suplemento de enzimas exógenas con el alimento es más exitoso en los animales jóvenes; estas categorías de animales se caracterizan por poseer menor capacidad digestiva y, por lo general, no tienen desarrollado completamente su sistema de enzimas a nivel endógena.

Según lo indicado por Quintero, (1995) la clave es seleccionar la enzima adecuada según el sustrato utilizado, para asegurar así la degradación y su uso por el animal, de ahí la importancia de adecuar su concentración dentro de las formulaciones para las dietas de los cerdos, ya que esta especie es capaz de utilizar una gran gama de granos y subproductos.

Seleccionando las enzimas de manera cuidadosa e incorporándola en el alimento se obtiene mejoras en la eficiencia alimenticia de los cerdos, estas sustancias actuarán como parte complementaria a las enzimas endógenas, su efecto no se verá alterado por el bajo pH del estómago, donde la degradación microbial de nutrientes no puede ser realizada. (Quintero, 1995)

López, (2000) indica que la baja digestibilidad de algunas dietas es por lo regular el resultado de la falta de enzimas del animal para extraer los nutrientes del alimento, es por esto que se torna importante el uso de enzimas en la nutrición animal, lo que resulta ser una excelente alternativa en la ganadería porcina.

Según McDonald, *et al.* (2010) señalan que la liberación de nutrientes es más fácil gracias a la inclusión de aditivos enzimáticos en la nutrición animal, puesto que estas complementan al sistema digestivo. Estudios en el área de la nutrición animal han contribuido al avance tecnológico y productivo de la industria pecuaria; mediante la obtención de sustancias y complejos enzimáticos desarrollado a partir de microorganismo.

Partridge (s/f) señala que, al agregar enzimas apropiadas al alimento, los nutrientes logran ser utilizados eficazmente por el cerdo para una mayor velocidad de crecimiento, ganancia magra y conversión de alimento, usando dietas más económicas para mantener un buen rendimiento. Por lo que, una óptima actividad enzimática es un requisito indispensable para obtener un buen crecimiento y un bajo índice de conversión alimenticia, el cual se lograría únicamente si se logran aprovechar bien los nutrientes (López, 2000).

#### **1.5.2.2. Función principal de las enzimas**

Valdivia, *et al.* (2019) señalan que el incremento de las investigaciones relacionadas con la tecnología enzimática permite que las aplicaciones de estas

sustancias proteicas catalizadoras de sustratos se extiendan a diferentes campos como las industrias productoras de etanol, detergentes, papel, entre otros productos, así como en la alimentación animal.

La utilización de las enzimas exógenas ha mostrado grandes avances, lo que ha contribuido en las últimas décadas a lograr un gran impacto tecnológico en la nutrición animal; los preparados enzimáticos usados como aditivos en la ingesta de alimentos en los cerdos trabajan satisfactoriamente en el sistema digestivo (Reis, *et al.* 2012).

Las enzimas incorporadas en los sustratos tienen gran importancia en el progreso de la producción porcina y en la digestibilidad del alimento; cabe mencionar que las enzimas que se producen dentro del propio del animal no tienen la capacidad suficiente de digerir los sustratos, es por ello que se puede incorporar enzimas exógenas en la alimentación de los cerdos (Adisseo, 2020);

Según este sitio líder en producción de aditivos y soluciones nutricionales para la alimentación animal (Adisseo), entre las funciones principales de las enzimas tenemos:

- Inactiva los FAN que posee ciertos sustratos y ayuda a la absorción y asimilación de nutrientes en el tracto intestinal.
- Prevalece las enzimas endógenas, que en muchos casos se encuentran en poca cantidad.

(Corona, 2009) añade que:

“La utilización de enzimas en la nutrición de cerdos, puede ser una buena alternativa como aditivo en raciones formuladas con materias primas tradicionales con el fin de mejorar la digestibilidad de los alimentos e incrementar la productividad de las explotaciones porcinas”.

Bartoli y Labala (s/f) señalan que las enzimas se incluyen en las raciones para mejorar la digestibilidad de los cereales, liberando mayor cantidad de nutrientes, reducir la acción de los factores antinutricionales, reducir la variabilidad en la composición nutricional, aumentar la ganancia diaria y mejorar el índice de conversión y reducción de los costos de alimentación. La aplicación de los aditivos enzimáticos también provoca cambios en la microbiota intestinal, que pueden repercutir beneficiosamente en la salud de los animales que los consumen (Valdivia, *et al.* 2019).

### **1.5.3. Absorción de nutrientes y su relación con la reducción de daños ambientales.**

En la industria pecuaria donde los márgenes de ganancia son pequeños, una mejora de la digestibilidad con el uso de enzimas exógenas se considera eficientes y rentables (Giménez-Rico, 2014). Según Coello, (2021) el principal problema radica en el aporte de P vegetal, ya que este es insuficiente para cubrir las necesidades nutrimentales del cerdo, debido a que las dos terceras partes del P vegetal (60 – 85 %) está ligado al ácido fítico, por lo que la biodisponibilidad de este componente es casi nula para los cerdos.

(Mariscal, 2007):

Así como un incremento en el número de fases de alimentación y la separación de animales tomando en consideración el sexo de los cerdos, han permitido disminuir la excreción de N y P. Esto es debido a que la capacidad de retención de N y de P disminuye con la edad del animal.



El uso de fitasa en la alimentación de cerdos de engorde favorece la disponibilidad del P vegetal, lo que disminuye la excreción de contaminantes al medio ambiente (López, 2000). Incluir fitasa puede reducir el efecto antinutricional del fitato y mejorar la digestibilidad del P, calcio, aminoácidos y energía, así como reducir el impacto negativo de la excreción de P inorgánico al medio ambiente. (Oregon State University, s/f)

(Brenes, 2003):

La utilización de las fitasas microbianas en la industria de los piensos compuestos y en particular en la porcina, se ha visto favorecida por lo atractivo de sus precios, por la mejora en la utilización de varios nutrientes y por su efecto sobre la disminución del grado de polución ambiental.

El principal inconveniente de utilizar una dieta rica en fosforo fítico en raciones para cerdos se traduce en una suplementación de P mineralizado; el cual se excreta como fitato en las heces y pueden encontrarse ligados a varios minerales presentes en la dieta (Calcio, Magnesio, Zinc, Hierro), lo que conllevaría a otro problema al cual debe de enfrentarse el productor porcino (López, 2000).

(Viveros, 2003):

Es necesario estimar con la máxima precisión posible los requerimientos de los animales (varían según la edad y el estado fisiológico). Una práctica de ayuda es brindar la alimentación por fases, ya que permite ajustar los niveles de nutrientes de la dieta según la variación de los requerimientos del animal; esto también permite disminuir la excreción de N y P, debido a que la capacidad de retención de estos elementos disminuye con la edad del animal.

Hernández, (2020) indica que una de las mayores preocupaciones en términos ambientales es el manejo de las excretas, pues estas son un riesgo de

contaminación del suelo y mantos freáticos, lo que incrementa el proceso de eutrofización de los mantos acuíferos (acumulación de residuos orgánicos), otra consecuencia es la relacionada con la aportación de N hacia la atmósfera lo cual contribuye a la formación de lluvia ácida.

#### **1.5.4. Principales enzimas comerciales.**

La mayoría de las enzimas utilizadas en la alimentación y el procesamiento de alimentos son de origen microbiano, que se obtienen utilizando subproductos agroindustriales como sustratos, lo que contribuye a la adecuada utilización de materiales de desecho que, en muchas ocasiones, contribuyen a la contaminación del medio ambiente. (Valdivia, *et al.* 2019)

(Giménez-Rico 2014):

En la actualidad, el uso de enzimas a nivel comercial se emplea otorgándoles un valor nutricional determinado en cada caso concreto o añadiéndolas en el pienso como medida de seguridad y/o para relajar algunos límites de ciertos ingredientes (generalmente en lechones).

A las enzimas se les atribuyen varios beneficios en la producción animal, por lo que se ve favorecido el proceso de digestión, principalmente la degradación de los enlaces específicos de los ingredientes que no son correctamente hidrolizados por enzimas endógenas y la degradación de factores antinutritivos (Barba 2019; citando a Bedford, 1999).

**Tabla 1. Beneficios de las principales enzimas y sustratos sobre el cual actúa.**

<b>Enzima</b>	<b>Materia prima</b>	<b>Funciones</b>	<b>Beneficios</b>
$\beta$ -glucanasa	Cebada, Avena y Centeno	Reducir la viscosidad	Mejorar la digestión y uso de nutrientes
Xilanasas	Trigo, Centeno, Arroz, Fibra vegetal	Reducir la viscosidad	Mejorar la digestión y uso de nutrientes
Fitasa	Todos los alimentos de origen vegetal	Liberación del fósforo (fitato)	Mejora la absorción del P
Proteasa	Todas las fuentes de proteína vegetal	Hidrólisis de la proteína	Mejora la digestión de la proteína
Lipasa	Lípidos y suplementos lipídicos	Hidrólisis de la grasa	Mejora la absorción de los alimentos lipídicos en animales jóvenes
Amilasa	Granos de cereales y leguminosas	Hidrólisis del almidón	Ayuda a la digestión del almidón en lechones destetados precozmente

**Fuente:** Elaborado por el autor (Adaptado de López, 2000 y Ravindran 2010)

Las principales enzimas comerciales que se utilizan en la fabricación de piensos alimenticios para la producción de cerdos son capaces de mejorar el proceso natural de la digestión de los animales. Los ejemplos incluyen amilasa (almidón) y proteasa (proteína); cabe mencionar que existen otras enzimas que se emplean en animales monogástricos como alternativa para proporcionar una mejor absorción de aquellos sustratos que no son digeridos fácilmente por este tipo de animales (Paulino, 2016).

(Mariscal, 2007):

En el mercado existen varias enzimas que mejoran la digestibilidad total de la dieta (proteasas, xilanasas,  $\beta$ -glucanasas), lo que permite de manera indirecta la reducción del aporte total de nutrimentos sin reducir el aporte de nutrimentos digeribles en la dieta ingerida por el animal.

(Valdivia, *et al.* 2019):

Teniendo en cuenta que las enzimas son productos naturales, biodegradables, y no tóxicos, su empleo en la nutrición de las especies monogástricas constituye una de las alternativas más promisorias para

disminuir los efectos negativos de los FAN en la crianza animal.

(Giménez-Rico, 2014):

Las amilasas y proteasas comerciales están siendo utilizadas con mayor frecuencia y éxito; contribuyen a mejorar fácilmente un 10 % de la digestibilidad del fósforo por una fitasa moderna. De igual forma, el uso de enzima proteasa puede llegar a mejorar la digestibilidad de la proteína entre un 2 – 5 % dependiendo del tipo de ingredientes utilizado.

En el manual de la Universidad de Oregón (Oregon State University, s/f) se indica que, de manera general, la eficacia de las enzimas fitasa exógenas se ve afectada por factores tanto del alimento (fuente de enzimas, solubilidad, tamaño de partícula) como del animal (pH intestinal, tiempo de retención).

#### **1.5.5. Uso de aditivos enzimáticos y desempeño productivo de los cerdos.**

(Jeroch, et al. 1989; citado por Quintero, 1995):

En cerdos de 11 a 25 kg se empleó una dieta a base de trigo, maíz y soya (Tabla 2); se pudo comprobar que al incluir enzimas a la dieta se mejoró la ganancia de peso (con enzimas = 458; control = 411 g/día) y eficiencia en conversión alimenticia (con enzimas = 1,56; control = 1,81), reduciendo las diarreas y las necesidades de terapia antibiótica.

**Tabla 2. Efecto de las enzimas sobre los parámetros productivos de los cerdos.**

<b>Variable</b>	<b>Control</b>	<b>Con enzimas</b>
Peso inicial (kg)	11,1	10,7
Peso final (kg)	25,0	25,2
Días de ensayo	34,5	31,7
Ganancia diaria de peso (g)	411	458
Consumo de alimento (g/día)	739,0	720,0
Conversión alimenticia	1,81	1,56
Terapia antibiótica	26	11

**Fuente:** Jeroch *et al.* 1989

(Lyons, 1992; citado por Quintero, 1995):

En un estudio realizado suplementando un complejo multienzimático añadido a raciones dirigidas a lechones desde el primer día hasta el 15º post-destete resulta en mejoras significativas ( $p < 0,05$ ) de la ganancia de peso (con enzima = 270,09; control = 224,52 g/d) y eficiencia de la conversión alimenticia (con enzima = 1,19; control = 1,27), además comprobó que la adquisición del producto fue rentable cuando se hizo la relación costo-beneficio (Tabla 3).

**Tabla 3. Efecto de las enzimas exógenas sobre el crecimiento de lechones (1 al 15 d post-destete).**

<b>Variable</b>	<b>Control</b>	<b>Complejo enzimático</b>
Número de lechones	64	64
Peso inicial (kg)	8,56	8,56
Peso final (kg)	12,00	12,70
Ganancia diaria de peso (g)	224,52	270,09
Consumo de alimento (g/día)	311,94	321,43
Conversión alimenticia	1,27	1,19

**Fuente:** Lyons, 1992

(Feed Tech, 2006, citado por Rueda, 2008):

En Brasil se probó un complejo multienzimático (galactosidasa, amilasa, celulasa, proteasa y pentosanasa) en lechones; al final del estudio se observó que las enzimas adicionadas estimularon el consumo de alimento, mejoraron el índice de conversión, lo que contribuyó a un aumento de la velocidad de crecimiento durante un periodo experimental de 7 días (Tabla 4).

**Tabla 4. Efecto de las enzimas exógenas sobre el crecimiento de lechones.**

<b>Variable</b>	<b>Control</b>	<b>Complejo enzimático</b>
Número de lechones	92	74
Peso inicial (kg)	20	20,6
Peso final (kg)	24,23	25,27
Ganancia diaria de peso (g)	604	667
Consumo de alimento (g/día)	978	1035
Conversión alimenticia	1,62	1,55

**Fuente:** Feed Tech, 2006

(Lata, 2010):

En un estudio realizado por 120 días se emplearon 14 cerdos machos de la raza Landrace-York en etapa de crecimiento para probar la digestibilidad de la dieta a base materiales fibrosos; para ello se incluyó Rovabio Excel® (aditivo multienzimático). Al finalizar la investigación se pudo evidenciar que los cerdos a los cuales se le aplicó el tratamiento con enzimas lograron diferencias altamente significativas ( $p < 0,01$ ) para las variables peso final, ganancia de peso y conversión alimenticia (Tabla 5).

**Tabla 5. Efecto de las enzimas exógenas sobre el crecimiento de lechones.**

Variable	Control	Complejo enzimático
Número de animales	7	7
Peso inicial (kg)	16,29	16,43
Peso final (kg)	36,43	45,71
Ganancia de peso (kg)	20,14	29,29
Consumo de alimento (kg)	65,71	66,14
Conversión alimenticia	3,29	2,26

Fuente: Lata, 2010

En un estudio realizado por ABVista; citado por Cordero, (2021) se demostró que el P fecal puede reducirse un 25 % en la fase de crecimiento y en un 17 % en la fase de acabado suplementando niveles tradicionales de fitasa (500 FTU/kg) en la dieta. Sin embargo, dosis de 2.000 FTU/kg de fitasa, reduce la excreción de P en un 30 % durante el período de crecimiento y en un 25 % durante el período de acabado (Figura 3).



**Figura 3. Excreción de P en heces de cerdos en la fase crecimiento y acabado ( $P < 0,05$ ).**

## **1.6. Hipótesis**

**Ho:** La adición de enzimas exógenas en las dietas porcinas, no contribuyen a mejorar la digestibilidad de la ración, ni permiten la reducción de sustancias contaminantes mediante las excretas.

**Ha:** Adicionar enzimas exógenas en la dieta porcina, incrementan ligeramente la digestibilidad y absorción de nutrientes de la ración, lo que contribuye a la reducción de sustancias contaminantes al medio ambiente.

## **1.7. Metodología de la investigación**

Para el desarrollo del presente documento se recopiló información de varios autores, de textos, revistas, bibliotecas virtuales y artículos científicos, que permitieron describir la importancia de las enzimas exógenas en la nutrición de los cerdos; lo que permitió conducir el documento y responder a los objetivos planteados. La información obtenida fue resumida y analizada en función de la importancia de las enzimas exógenas en la nutrición de cerdos.

## **CAPÍTULO II**

### **RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **2.1. Desarrollo del caso**

El presente trabajo bibliográfico recopila información referente a la importancia de las enzimas exógenas en la nutrición de cerdos, ya que el consumo de carne de esta especie ha venido creciendo en estas dos últimas décadas, por su sabor y el aporte nutritivo que esta contiene. Al emplear enzimas exógenas, se favorece la digestibilidad de los alimentos y de este modo se contribuye a reducir la contaminación ambiental, con el fin de incrementar la productividad porcina.

#### **2.2. Situaciones detectadas**

La revisión muestra que es muy importante el aporte de enzimas para maximizar la producción de cerdos, en especial porque estas ayudan en los procesos fisiológicos relaciones en especial al aumento y ganancia de peso. Sin embargo, hay que tomar en consideración que este trabajo debe ser continuo y sobre todo aséptico.

Hay que precisar que el aumento en la producción de carne de cerdo incide directamente sobre el sistema de producción a emplear, el aumento de la población en el Ecuador implica que se deba producir más y con mejor calidad. Por esto es importante la complementariedad de proceso, entre ellos, el uso de enzimas añadidas, especialmente en alimentos de calidad.

Los cerdos al momento de ser destetados no son capaces de aprovechar los nutrientes que se le aportan de manera común en una dieta sólida, por lo que es importante reducir el grado de estrés en el animal para contribuir a la fácil adaptación del TGI, por lo que se debe de considerar un destete con un buen peso del animal, ya que el desarrollo del sistema digestivo del cerdo se encuentra ligado al alimento sólido que consume.

Los lechones al nacimiento absorben de manera eficiente los nutrientes

aportados con la leche materna, durante el periodo de lactancia el sistema digestivo secreta una mayor cantidad de lactasa; es por este motivo que al momento de llegar al destete el cerdito debe poseer una buena salud con un óptimo desarrollo del TGI que permitan al animal adaptarse rápidamente a una dieta sólida.

Cabe mencionar, que las materias primas con las que se produce el alimento balanceado para cerdos pueden llegar a contener grandes cantidades de FAN; por tal motivo es indispensable que los entes encargados de la investigación y producción pecuaria en especial porcícola, deben unir esfuerzo para incrementar la investigación que, ratifique o niegue, la eficiencia y eficacia de enzimas en la alimentación de cerdos, en cualquier etapa de desarrollo.

### **2.3. Soluciones planteadas**

En la actualidad está teniendo cierto auge el empleo de enzimas exógenas en la alimentación de monogástricos (aves y cerdos); por lo que al finalizar el trabajo bibliográfico se puede plantear que para mejorar la digestibilidad y asimilación de ciertos nutrientes se incluyan enzimas en la formulación dietaria para complementar las enzimas naturales del animal.

Utilizar cocteles o complejos multienzimáticos comerciales (combinación de varias enzimas activas) sobre la nutrición de cerdos criados en sistemas semi-extensivos con alimentación basada en materias primas alternativas favorecerá a la reducción de los costos productivos, debido al mayor aprovechamiento de los distintos sustratos (residuos vegetales).

En general el uso de enzimas es de vital importancia en la alimentación de porcinos, ya que, coadyuva en la asimilación de nutrientes que bajo consideraciones normales no son aprovechados por el sistema digestivo del animal y reduce la contaminación ambiental causada por los sistemas intensivos de producción.

## **2.4. Conclusiones**

1. Las enzimas son sustancias catalizadoras que pueden ser naturales (endógenas) o sintéticas (exógenas); su importancia radica en la mejora de la calidad del alimento, por lo que incorporarla como aditivo alimentario en la dieta de los cerdos mejora el proceso digestivo y lograr reducir la cantidad de componentes tóxicos en las excretas que se producen diariamente.
2. Es importante mantener el bienestar de los animales que se crían de forma intensiva, esto contribuirá a la reducción del estrés e incrementará los indicadores productivos, garantizando la sostenibilidad de la industria mediante la mejor absorción de nutrientes en la etapa adulta; se debe indicar que el nivel de estrés repercute directamente sobre el aprovechamiento de varios de los componentes de la dieta.

## **2.5. Recomendaciones**

1. Mantener la salud digestiva en los cerdos mejora los parámetros de productividad, por lo que realizar un destete comercial con un buen peso cumpliendo cada uno de las buenas prácticas de manejo contribuirá a una rápida adaptación del animal a la dieta de transición.
2. Promover el uso de aditivos enzimáticos alimentarios permitirá lograr grandes avances en la salud animal; además, repercutirá directamente en los costos productivos y en la rentabilidad económica.
3. Continuar investigando con respecto a la inclusión de enzimas exógenas y su efecto en el desempeño productivo; asimismo, evaluar la excreción de N y P en cada una de las distintas etapas de los cerdos a los que se les ha adicionado enzimas del tipo fitasas y proteasa.

## BIBLIOGRAFÍA

- Adisseo. 2020. Actividades enzimáticas y el aumento de digestibilidad global. *NutriNews*. <https://nutricionanimal.info/actividades-enzimaticas-y-el-aumento-de-digestibilidad-global/>
- Asociación de Porcicultores del Ecuador APSE. 2018. Producción y consumo de cerdo en franco crecimiento. *Revista Técnica Maíz y Soya*. 2018(6):25-27
- Atakora, J., Moehn. S., & Sands, J. 2011. Proteína bruta y fitasa-xilanas en dieta: efecto sobre el metabolismo energético y la producción de metano en cerdos de engorde-acabado. *3Tres3*. Abstracts. Nutrición. <https://acortar.link/ptc7m4>
- Barba, E. 2019. Salud intestinal: Estimular la digestión. *3Tres3*. Artículo. Nutrición. [https://www.3tres3.com/latam/articulos/salud-intestinal-en-porcino-estimular-la-digestion\\_12239/](https://www.3tres3.com/latam/articulos/salud-intestinal-en-porcino-estimular-la-digestion_12239/)
- Bartoli, F. & Labala, J. (s/f). Uso de enzimas en nutrición porcina. *Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP)*. <https://acortar.link/jRHXXHh>
- Brenes, A. 2003. Utilización de fitasas en el cebo del ganado porcino. *3Tres3*. [https://www.3tres3.com/latam/articulos/utilizacion-de-fitasas-en-el-cebo-del-ganado-porcino\\_9481/](https://www.3tres3.com/latam/articulos/utilizacion-de-fitasas-en-el-cebo-del-ganado-porcino_9481/)
- Coello, A. 2021. Beneficios de suplementación de fitasa en dietas de producción de cerdos de engordes. *Repositorio de la UTB*. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/9416/E-UTB-FACIAG-MVZ-000039.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. 41.
- Cordero, G. 2021. Nuevas estrategias de aplicación de enzimas para maximizar el ahorro de costes de alimentación, mitigar la excreción del fósforo y reducir las emisiones de carbono. *Porcicultura.com*. <https://acortar.link/80qFEP>
- Corona, L. 2009. Evaluación de la enzima proteasa en la alimentación de los cerdos. *Porcicultura*. Artículo Engormix. <https://acortar.link/iZzy2a>
- Den Hartog, L. & Sijtsma, R. 2007. Estrategias para reducir la contaminación ambiental en la producción de cerdos. *FEDNA*. <https://acortar.link/M8UpvQ>
- Giménez-Rico, R. 2014. Revisión del uso de enzimas en la nutrición porcina.

- Aplicación y rentabilidad según las dietas. *3Tres3*. Artículo. Nutrición. [https://www.3tres3.com/latam/articulos/revision-del-uso-de-enzimas-en-la-nutricion-porcina\\_11459/](https://www.3tres3.com/latam/articulos/revision-del-uso-de-enzimas-en-la-nutricion-porcina_11459/).
- Hernández, L. 2020. Reducción de nitrógeno y fósforo en las heces, indicación de uso aprobada por SADER para stafac500. *Porcicultura.com* <https://acortar.link/CTzXvc>
- Lata, O. 2010. Evaluación de enzimas exógenas en la alimentación de cerdos en la etapa de crecimiento. *Repositorio de la ESPOCH*. <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/1038>
- López, F. 2000. Uso de enzimas en los piensos de cerdos y aves. *Revista Mundo Ganadero*. Dossier aditivos en alimentación. 142-151. <https://acortar.link/J5hX02>
- Mariscal, G. 2007. Tratamiento excretas cerdos. *Sitio Argentino de Producción Animal*. FAO, Capítulo 7. <https://acortar.link/E8Uhks>
- Márquez, M. & Sánchez, M. 2018. Breve introducción a la fisiología del lechón destetado. <https://acortar.link/Ei4bMV>
- McDonald, P.; Edwards, R.; Greenhalgh, J.; Morgan, C.; Sinclair, L.; Wilkinson, R. 2010. *Animal Nutrition. Food Additives*. Seventh Edition. <https://docero.com.br/doc/55ex1s>.
- Oregon State University. (s/f). A Guide to the principles of animal Nutrition. XIX. Fedd Additives. <https://acortar.link/u73To7>
- Partridge, G. (s/f). Mejorando el valor alimenticio de los subproductos de granos en alimentos para cerdos por adición de enzimas. *Adiveter.com*. [https://www.adiveter.com/ftp\\_public/A2250408.pdf](https://www.adiveter.com/ftp_public/A2250408.pdf)
- Paulino, J. 2016. Nutrición de los cerdos en crecimiento y finalización: 3 – enzimas y conclusión. *El Sitio Porcino*. <https://acortar.link/wcBZJt>
- Prieto, M., Amanto, F., & Fernández, P. 2017. Impacto del uso de levadura viva, pared de levadura y combinación de ambas en cerdas, sobre la calidad y producción de calostro y la performance productiva del lechón. *Facultad de Ciencias Veterinarias -UNCPBA-* <https://acortar.link/O7uJGK>
- Quintero. A. 1995. Uso de enzimas en la nutrición de cerdos. *Revista científica FCV-LUZ* Vol. V(2), 125-129. <https://acortar.link/1hQCCH>

- Ravidran, V. 2010. Aditivos en la alimentación animal: Presente y Futuro. *Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA)*. <https://acortar.link/qw6YI4>
- Reis, T., Mariscal, G., Escobar, K., Aguilera, A., & Magné, A. 2012. Cambios nutrimentales en el lechón y desarrollo morfofisiológico de su aparato digestivo. *Veterinaria México*, 43(2). <https://acortar.link/f8IOMs>
- Rueda, V. 2008. Aditivos en porcino: adición de enzimas y marco regulador. *3Tres3*. Artículo. Nutrición. <https://acortar.link/RpOSdg>
- Salgado, M. 2016. El complemento de una buena nutrición es una buena salud intestinal. *Sitio Argentino de Producción Animal*. [https://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_porcina/00-produccion\\_porcina\\_general/254-Buena\\_Salud\\_Intestinal.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_porcina/00-produccion_porcina_general/254-Buena_Salud_Intestinal.pdf)
- Valdivia, A., Matos, M., Rodríguez, Z., Rubio, Y. & Vega, J. 2019. Los aditivos enzimáticos, su aplicación en la crianza animal. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 341-352. <https://acortar.link/nRtUgP>
- Viveros, A. 2003. Utilización de fitasas en el cebo del ganado porcino. *3Tres3*. Artículo. Nutrición. <https://acortar.link/7bBsUL>