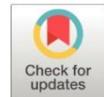


## Suplementos alimenticios en porcicultura como alternativa a los antibióticos

### *Feed supplements in pig farming as alternative to antibiotics*

- 1 David Ayala  <https://orcid.org/0000-0002-2339-5418>  
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Central del Ecuador. Jerónimo Leiton S/N y Avenida Gatto Sobral. Quito, Ecuador.  
[cdayala@uce.edu.ec](mailto:cdayala@uce.edu.ec)
- 2 Juan Peralvo Vidal  <https://orcid.org/0000-0002-1283-8156>  
Trouw Nutrition | LATAM. Petapa Avenue, 47-31 “A” zone 12. Ciudad de Guatemala, Guatemala.  
[juan.peralvov@gmail.com](mailto:juan.peralvov@gmail.com)
- 3 Kevin Madril  <https://orcid.org/0000-0003-1850-8163>  
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Central del Ecuador. Jerónimo Leiton S/N y Avenida Gatto Sobral. Quito, Ecuador.  
[kamadril@uce.edu.ec](mailto:kamadril@uce.edu.ec)
- 3 Ana Burgos Mayorga  <https://orcid.org/0000-0001-9676-1952>  
Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH). Panamericana Sur km 1 1/2, Riobamba-Ecuador.  
[ana.burgos@epoch.edu.ec](mailto:ana.burgos@epoch.edu.ec)



#### Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 08/04/2022

Revisado: 23/05/2022

Aceptado: 09/06/2022

Publicado: 05/07/2022

DOI: <https://doi.org/10.33262/ap.v4i3.222>

#### Cítese:

Ayala, D. ., Peralvo Vidal, J., Madril, K., & Burgos Mayorga, A. (2022). Suplementos alimenticios en porcicultura como alternativa a los antibióticos. AlfaPublicaciones, 4(3), 39–65. <https://doi.org/10.33262/ap.v4i3.222>



**ALFA PUBLICACIONES**, es una revista multidisciplinar, **trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://alfapublicaciones.com>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) [www.celibro.org.ec](http://www.celibro.org.ec)



Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Attribution Non Commercial No Derivatives 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

**palabras  
claves:**  
alimentación,  
fitobióticos,  
prebióticos,  
probióticos,  
suplementos.

**Keywords:**  
feeding,  
phytobiotics,  
prebiotics,  
probiotics,  
supplements.

### Resumen

**Introducción.** Durante mucho tiempo, los antibióticos fueron la herramienta principal para mejorar el crecimiento de los cerdos, pero actualmente están en estudio varios suplementos que pueden reemplazarlos para evitar el impacto en salud pública derivado de su uso. **Objetivo.** El objetivo de la presente revisión es sintetizar una lista descriptiva de los principales suplementos alimenticios empleados en la dieta porcina que permite reducir el uso de antibióticos en las explotaciones comerciales. **Metodología.** La búsqueda y revisión de documentos se fundamentó en una macro recolección de la literatura científica disponible; para la redacción se esquematizaron los conceptos clave y se excluyeron datos poco relevantes o imprecisos. **Resultados.** Entre estas alternativas se destacan los fitobióticos, que son compuestos químicos derivados de plantas como el tomillo, el orégano y el ajo. Otro grupo son los probióticos, microorganismos vivos que son administrados en dosis adecuadas para otorgar un beneficio al hospedador mediante la regulación del microbiota y la inmunidad intestinal; principalmente abarcan bacterias y levaduras que hacen sinergia con otro tipo de suplementos, los prebióticos, que son sustratos que proveen energía para los probióticos. Se destacan también algunos ácidos orgánicos y compuestos minerales. **Conclusiones.** Por diversos mecanismos de acción, todos estos suplementos podrían tener un efecto similar a los antibióticos, al disminuir la colonización de patógenos que merman el desarrollo y aumentar el aprovechamiento del alimento, mejorando aspectos como la reproducción y la salud general. La implementación de los suplementos descritos es relevante, considerando el rol de la producción animal en la generación de resistencias a antibióticos, enmarcado en el concepto de *One Health*.

### Abstract

**Introduction.** For a long time, antibiotics were the main tool to improve pig growth, but several feed supplements are currently under study to replace them and avoid the impact on public health derived from their use. **Aim.** The aim of the present review was to synthesize a descriptive list of the main feeding supplements used in swine feeding to reduce the use of antibiotics in pork production. **Methodology.** Searching and reviewing of documents was based on a macro collection of scientific information available; for

---

writing, the key concepts were outlined and little relevant or imprecise data were excluded. **Results.** Among these alternatives are phytobiotics, which are chemical compounds derived from plants such as thyme, oregano and garlic. Another group are probiotics, live microorganisms which are administered in adequate doses to provide a benefit to the host by regulating the microbiota and intestinal immunity; they mainly comprise bacteria and yeasts that synergize with other types of feed supplements, prebiotic, which are substrates that provide energy for probiotics. Some organic acids and mineral compounds also stand out. **Conclusions.** By various mechanisms of action, all these supplements could have a similar usefulness to antibiotics, by decreasing the colonization of pathogens that reduce development and increase the utilization of feed, improving aspects such as reproduction and general health. The implementation of the described supplements is relevant, considering the role of animal production in the generation of antibiotic resistance, framed in the One Health concept.

---

## Introducción

En la porcicultura, como en otro tipo de explotaciones zootécnicas, la alimentación es un factor sumamente relevante pues representa alrededor del 70% de los costos productivos (H. Yang et al., 2017). Además, constituye un verdadero desafío pues de la calidad nutricional dependerá la adecuada expresión de las características fenotípicas de las líneas genéticas porcinas y, por ende, el rendimiento y rentabilidad del producto final.

Variables fundamentales para considerar en la formulación del alimento son requerimientos genéticos y fisiológicos, que pueden condicionar la manera en que el animal aprovecha o metaboliza los nutrientes ingeridos. Ejemplos de estos factores son la edad, ambiente, tipo de explotación, estado gestacional, entre otros (García-Contreras et al., 2012).

Típicamente, los balanceados se componen de materias primas que garanticen un adecuado aporte de energía, proteína y fibra. En el primer grupo, destacan los cereales, sobre todo maíz, sorgo y cebada; en cuanto a la proteína, se puede mencionar a la soya, o sus subproductos (harina o aceite), y también el gluten de maíz o harinas animales. Para la fibra generalmente se incluye cascarilla de soya, afrechillo de trigo y otros derivados (Piquer, 2020). A pesar de que los cerdos se alimentan con materias primas económicas, cuentan con una eficiencia de conversión calórica y proteica de aproximadamente 9%

(Shepon et al., 2016). De esta manera se obtiene una carne con parámetros adecuados para la alimentación humana ya que se compone de 21% de proteína, 3.9% de lípidos, 1,1% de minerales y 120kcal de energía (Mukumbo & Muchenje, 2016).

Otro aspecto importante es que el costo de las dietas depende de la etapa productiva, siendo más costosas las dietas de cerdos post destete debido a que requieren materias primas de elevada calidad y digestibilidad, que conlleven una maduración digestiva e inmunológica apropiada. En contraste, las dietas de gestación y engorde son menos costosas porque se basan en materias primas que permiten reducir los costos de la ración (Piquer, 2020).

El aprovechamiento del alimento en los porcinos depende también de su salud intestinal, principalmente otorgada por la integridad de las vellosidades, una adecuada secreción enzimática y la adecuada composición su la microbiota (Xu et al., 2018). La microbiota intestinal está compuesta por billones de microorganismos que son comensales del tracto digestivo y juegan un rol esencial al mejorar la asimilación de los nutrientes y modular la inmunidad local; en caso de ocurrir una disfunción o desbalance del microbioma (o disbiosis), el animal es susceptible a la colonización de patógenos (X. Wang et al., 2019).

Respecto a esta dinámica de la salud intestinal, en países en vías de desarrollo los antibióticos son comúnmente aplicados como método profiláctico en todas las etapas de la producción, con mayor énfasis en la fase de transición debido a la susceptibilidad de los lechones a enfermedades digestivas (principalmente por *Escherichia coli*); enfermedades respiratorias por *Pasteurella multocida* o *Bordetella bronchiseptica*; o enfermedades sistémicas (Ström et al., 2018).

En la fase de engorde suelen utilizarse para evitar problemas digestivos ocasionados por *Brachyspira hyodysenteriae* y en hembras post parto se utilizan para disminuir la incidencia de enfermedades bacterianas puerperales (Ström et al., 2018). La justificación para este uso inadecuado es que las patologías ocasionadas por estos agentes etiológicos afectan los parámetros productivos e incluso incrementan la mortalidad en la granjas (Kim et al., 2008).

Con el antecedente que los antibióticos son muy utilizados en todas las fases de la cría porcina, es consecuente que la principal problemática asociada a su uso permanente es la generación de resistencia a antimicrobianos, razón por la que los organismos reguladores interestatales prohíben su uso como método profiláctico o promotor de crecimiento (Mohammadi & Kim, 2018). Por ejemplo, en la Comunidad Europea desde el año 2006 está restringido el uso de antibióticos como parte de la alimentación animal, lo que ha abierto un amplio campo de investigación en busca de alternativas que permitan incrementar la productividad sin añadir fármacos a los balanceados.

Definida la importancia de la alimentación en la porcicultura, así como la permanente necesidad de mejorar el rendimiento zootécnico a través de ella, en la actualidad se incluyen diversos suplementos. En este artículo se describirán los beneficios y aplicaciones de los principales suplementos en actual investigación para su uso en explotaciones porcinas.

### Metodología

El presente artículo se esquematizó bajo el modelo de una revisión sistemática de alcance, esto implica una descripción de los aspectos más generales y relevantes sobre una temática determinada con base en una recolección macro de la literatura científica disponible (Heyn et al., 2019).

En ese sentido, como primer punto se emplearon dos bases de datos científicas (*Google Scholar* y *Pubmed*) para la búsqueda de artículos publicados que contenga información sobre el uso de suplementos alimenticios en porcicultura, abarcando tanto estudios experimentales como otros artículos de revisión obtenidos mediante los términos “suplementos alimenticios”, “cerdos”, “porcinos”, “aplicaciones”, “alimentación”, entre otros similares, junto con sus equivalentes en inglés.

En esa primera búsqueda se fijó como único criterio de inclusión que las publicaciones tengan fecha entre 2010 y 2021 sin exclusiones con base en el idioma, revista o ámbito geográfico. Además, se incluyeron todos los tipos de estudios encontrados sin discriminación de su nivel de evidencia (I: artículos de revisión, II: estudio controlado aleatorizado, III: estudios de casos control o cohortes, IV: reportes de caso).

Con esa información recolectada se realizó una primera esquematización de la información a fin de sintetizar los conceptos macro (grupos de suplementos, beneficios, aplicaciones) y luego, detallar los aspectos específicos de los suplementos más relevantes y frecuentes (enfaticando en información práctica como evidencia experimental, dosis, efecto, etc.).

A partir de ello, se seleccionó la información reportada por los trabajos con algún grado de evidencia (según la escala indicada previamente) y se excluyeron las publicaciones con información poco relevante (por ejemplo, suplementos alimenticios de poca relevancia, estudios con diseño experimental sesgado o resultados atribuibles no solo al suplemento evaluado, sino también a otro factor adicional).

## Resultados y Discusión

### *Fitobióticos*

Abarcan un grupo de compuestos químicos derivados de plantas, que pueden ser incorporados a la dieta de los porcinos para incrementar su conversión alimenticia y el estado de bienestar, debido a que aumenta la resistencia a enfermedades de campo. También estimulan el apetito, tienen propiedades antibacterianas e incluso pueden controlar la carga parasitaria de los porcinos (Mohammadi & Kim, 2018; Skoufos et al., 2020).

Pueden ser suplementados en la alimentación porcina en varias presentaciones. Por ejemplo, como hierbas sin procesar, es decir, incluyendo su tallo, flores y hojas; también como aceite esencial con la desventaja de ser volátil. Otras formas son como oleorresina y compuesto botánico, introduciendo en el alimento partes enteras, sean raíces u hojas (Díaz-Sánchez et al., 2015).

Son una alternativa considerable a los antibióticos en tanto ofrecen varios beneficios productivos. Mejoran las características morfológicas del intestino de los cerdos, con lo cual favorecen la absorción de nutrientes, contribuyendo al mayor crecimiento del animal. Además promueven una mayor ingesta de alimento (Yan et al., 2011), posiblemente porque mejoran la palatabilidad de los alimentos (Mohammadi & Kim, 2018).

A nivel fisiológico, los fitobióticos también estimulan la secreción enzimática a partir de la liberación de mayor volumen de saliva, jugo gástrico y bilis, obteniendo un mayor desdoblamiento de los nutrientes y facilitando la asimilación de los mismos por el cerdo (Mohammadi & Kim, 2018).

Otra propiedad de interés de los fitobióticos es su acción antioxidante, mediante la modulación de la oxidación de la grasa muscular, lo que deriva en un producto cárnico jugoso, sin afectación en aroma y consistencia (Skoufos et al., 2020). También impide la oxidación del balanceado, manteniendo el alimento en buen estado por mayor tiempo (Mohammadi & Kim, 2018).

También tienen cierto efecto prebiótico pues podrían servir de sustrato a las bacterias saprófitas intestinales, mejorando la calidad del microbioma intestinal. Así por ejemplo, una concentración adecuada de bioactivos como carvacrol, cinamaldehído y oleorresinas generan ácidos grasos volátiles de cadena corta, que son utilizados para incrementar la proporción de lactobacilos en el yeyuno de los cerdos (Yang et al., 2015).

De forma complementaria, los bioactivos naturales pueden actuar como bacteriostáticos o bactericidas. Se destacan por ejemplo el timol, carvacrol y el terpineno; su acción depende de la presencia y disposición de grupos hidroxilo en su estructura química debido

a que este grupo puede alterar el potencial de la membrana de la bacteria, desestabilizándola y rompiéndola, con la consecuente muerte del microorganismo (Yang et al., 2015). Otro mecanismo de acción es ingresar a la membrana de las bacterias y lizarla, lo que provoca la pérdida de iones y destrucción de las bacterias (Mohammadi & Kim, 2018).

Otros mecanismos postulados para su acción antibacteriana es que pueden intervenir generando hidrofobicidad en la superficie de las bacterias, disminuyendo su virulencia y capacidad de adhesión a las células intestinales (Vidanarachchi et al., 2005). Por otra parte, al estimular la secreción de moco intestinal, las bacterias patógenas no pueden adherirse al intestino y por ende no lo colonizan (Mohammadi & Kim, 2018).

Un último mecanismo de los fitobióticos está relacionado con la interrupción en la unión de microorganismos a los receptores lecitina ubicados en la pared intestinal, vía que normalmente facilita la adhesión y proliferación de microorganismos (Skoufos et al., 2020).

#### *Principales fitobióticos*

El tomillo (*Thymus vulgaris*) con sus compuestos bioactivos principales, que son el timol, linalol y p-cimeno. Existe también una variante conocida como tomillo rojo (*Thymus zygisk*) con los mismos componentes bioactivos. En un estudio realizado contra el crecimiento de *Streptococcus suis* se determinó que la concentración mínima inhibitoria (CMI) y bactericida (CMB) del tomillo es de 312,5 mg/ml (de Aguiar et al., 2018).

En otro estudio se investigó la eficiencia del timol frente a varias cepas de diferentes bacterias, obteniendo un CMI para *E. coli* de 600 ppm y una CMB de 1200 ppm. Para *Salmonella* spp. la CMI fue de 300 ppm y la CMB de 600 ppm. Para *Clostridium perfringens* la CMI y la CMB fueron 1200 ppm (Gómez-García et al., 2019).

El orégano (*Origanum vulgare*) tiene como componentes al carvacrol, timol y terpineno. Debido a sus bioactivos provee una amplia actividad antibacteriana, siendo uno de los compuestos más utilizados en la actualidad para suplementar la alimentación porcina (de Aguiar et al., 2018).

El orégano tiene una CMI de 312.5 ug/ml para el crecimiento de *Streptococcus suis* (de Aguiar et al., 2018). Para *E. coli* la CMI y CMB del carvacrol es de 300 ppm, mientras que para *Salmonella* spp., la CMI y la CMB es 600 ppm. Para *C. perfringens* la CMI y la CMB es 300 ppm (Gómez-García et al., 2019); por ende, el orégano puede ser una buena alternativa para tratamiento o prevención de este agente patógeno en particular.

Además del efecto antibiótico, el extracto acuoso del orégano estimula la producción de macromoléculas conjugadas con glucosa, como glucolípidos y glucoproteína, a nivel

intestinal, las cuales actúan en la mucosa intestinal, hidratándola e inhibiendo la laceración duodenal por el ácido estomacal; además protegen a las mucosas de enzimas como las neuraminidasas e hialuronidasas (Mercati et al., 2020).

Otra función importante es reducir el nivel de proteínas BAX, liberadas cuando se desencadena el proceso de estrés oxidativo, un proceso que afecta membranas celulares e induce señales que inician la apoptosis (Mercati et al., 2020).

El estrés oxidativo afecta en mayor proporción a las cerdas en gestación tardía y en lactancia. Esto ocasiona una producción láctea de mala calidad para los lechones con su consecuente deficiencia en el crecimiento. Además, disminuye la actividad reproductiva y provoca un descarte más temprano (Tan et al., 2015).

En el ajo (*Allium sativum*) se destacan como compuestos bioactivos el tiosulfonato de propil propano (PTS-O) y el tiosulfinato de propil propano (PTS), que otorgan actividad antibacteriana, antioxidante y antifúngica. El consumo del extracto de ajo en diferentes concentraciones puede afectar a la población microbiana intestinal. Se evidenció disminución en el conteo de coliformes y enterobacterias cuando se usa PTS, mientras que con el uso de PTS-O, la población se reduce más con la inclusión de 200 ppm (Ruiz et al., 2010).

Un estudio determinó que la suplementación de ajo junto con inulina mejora la ganancia diaria de peso y la conversión alimenticia en cerdos en crecimiento y, en menor medida, en cerdos en finalización; en ambos casos los resultados fueron mejores que cuando solo se añade inulina al alimento (Grela et al., 2013).

Se recomienda que la adición de este compuesto no sea excesiva debido a que cantidades elevadas afectan el sabor característico de la carne. Además, se incrementaría la concentración de escatol (un compuesto que da mal olor a la carne) e indol (Leong et al., 2010, 2011).

#### *Sinergia entre fitobióticos*

La actividad antimicrobiana de los bioactivos puede potenciarse cuando se juntan. Esto ocurre por un efecto sinérgico, que puede ser cuantificado con fórmulas como el CIF (concentración inhibitoria fraccional), para el cual se suma la CMI del compuesto A y el B, y este valor se divide a la concentración mínima inhibitoria del compuesto A (Vande et al., 2016).

Por ejemplo, el timol en combinación con carvacrol tienen una CMI más baja, facilitando el control de bacterias como *B. hyodysenteriae* (Vande et al., 2016). Estas mezclas mejorarían la eficiencia antibacteriana y reducirían los costos operacionales y de manejo farmacológico en granjas porcinas.

En otro estudio se valoraron los parámetros zootécnicos durante la crianza en condiciones de suplementación ácidos orgánicos y aceites esenciales de plantas, incluido el timol del tomillo; estos datos fueron comparadas con una crianza con antibióticos y un grupo control. Los resultados determinan que el grupo tratado con fitobióticos tuvo un mayor peso final que el grupo control y fue ligeramente menor que en el grupo tratado con antibióticos; ocurrió algo similar con la ganancia diaria de peso (Yang et al., 2019).

También se determinó que el porcentaje de animales con diarrea en el grupo tratado con fitobióticos fue menor que en los otros dos grupos (Yang et al., 2019). Esto implica que los aceites esenciales cumplen el objetivo de mejorar el rendimiento y se posicionan como alternativa válida al uso de antibióticos.

### *Probióticos*

Los probióticos son microorganismos vivos que se encargan de equilibrar la microbiota intestinal cuando son administrados en dosis adecuadas y por ende, benefician al hospedador (Liao & Nyachoti, 2017). Actualmente estos aditivos alimentarios son utilizados en las granjas porcícolas como sustitutos a los antibióticos pues mejoran las características zootécnicas sin afectar la microbiota y sin repercusiones en la salud pública (Amachawadi et al., 2018).

Se utilizan en humanos desde 1930, pero apenas en 1970 fueron probados en animales; desde entonces se investigan sus beneficios en la producción y salud animal, extendiéndose cada vez más su uso, repercutiendo en explotaciones con mayor rentabilidad y sostenibilidad en el tiempo (Liao & Nyachoti, 2017).

Los probióticos tienen funciones antibacterianas directas e indirectas. Mantienen un adecuado funcionamiento de la barrera intestinal, inhiben enterotoxinas y modulan la respuesta inmunológica ante la presencia de antígenos en el medio local (Dubreuil, 2017).

Se destaca la propiedad de exclusión competitiva, es decir, estos microorganismos ocupan un espacio en el intestino, limitando la adhesión de patógenos. Además, compiten por los nutrientes, dejando sin sustrato a los microorganismos causantes de enfermedad (Dubreuil, 2017; Liao & Nyachoti, 2017).

La actividad directa que tienen puede ser bactericida o bacteriostática. Los probióticos pueden producir lactato y acetato, compuestos que reducen el pH intestinal hasta niveles que no soportan los patógenos; además generan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, impidiendo que las bacterias gram negativas proliferen (Liao & Nyachoti, 2017). Está demostrado que también tienen la capacidad de producir defensinas, bacteriocinas y antioxidantes, que destruyen bacterias y atenúan las toxinas (Hou et al., 2015).

El uso de probióticos en lechones mejora las cualidades del epitelio intestinal, aumentando el tamaño de las vellosidades y de las criptas; esto implica que mejora la superficie de absorción de nutrientes (Zhaxi et al., 2020). También mejoran la secreción de moco intestinal, otorgando una barrera adicional más consistente a partir de la modulación de la fosforilación de proteínas citoesqueléticas y de unión estrecha (Liao & Nyachoti, 2017; Shin et al., 2019).

Existe evidencia de la alteración en composición del microbiota intestinal en lechones tratados con prebióticos. En ellos, se registró la disminución de colonias de *Prevotellaceae* y el incremento *Ruminococcaceae*, *Spirochaetaceae*, *Sphaerochaetaceae*, entre otros, lo cual enriquece el microambiente y permite una mejor respuesta local a patógenos (Shin et al., 2019).

El uso de probióticos mejora el sistema inmunológico; en un estudio se determinó que los títulos de IgG aumentaron en el grupo tratado con probióticos (Shin et al., 2019). El mecanismo subyacente es que estas bacterias pueden migrar por la pared intestinal o liberar antígenos que son captados por las células centinelas y presentados para estimular de manera directa al sistema inmune (Liao & Nyachoti, 2017).

Una aplicación interesante es que los probióticos combinados pueden llegar a atenuar la necrosis ocasionada por micotoxinas como Zearalenona y Aflatoxina B1 a través de la reducción de la inflamación intestinal y la apoptosis (Huang et al., 2019).

En términos de suplementación, un probiótico puede ser una bacteria, hongo o levadura capaz de resistir a la acidez estomacal, enzimas pancreáticas y jugos biliares pues son administrados vía oral. Ciertos probióticos son incluidos en el balanceado, por lo que también deben resistir el proceso de pelletizado y la exposición al ambiente; para esto se suele utilizar el proceso de microencapsulación de probióticos (Liao & Nyachoti, 2017).

Después de cumplir estos parámetros y llegar al tracto digestivo, se deben adherir a la mucosa intestinal para colonizarla e impedir la adhesión de bacterias patógenas. Una ventaja del uso de levaduras probióticas es que si los animales requieren antibioterapia, no se verían afectados, a diferencia de los probióticos bacterianos que son susceptibles al uso de estos fármacos (Dubreuil, 2017).

#### *Principales probióticos en porcicultura*

Las especies del género *Lactobacillus* spp. se ubican en la zona proximal y distal del tracto gastrointestinal, colonizándolos después del nacimiento de los lechones. Están documentados varios beneficios dependientes de la especie, por ejemplo *L. acidophilus* disminuye la incidencia de diarrea en lechones destetados y mejora el rendimiento alimenticio: la combinación de esta especie con *L. fermentum*, *L. reuteri* y *L. gasseri*

promueve que los lechones sean resistentes a infecciones por *E. coli*, equilibran el microbioma y mejora los parámetros zootécnicos post destete (Valeriano et al., 2017).

Por otro lado, *L. fermentum* combinada con *L. reuteri* en cerdos de finalización tienen propiedades antioxidantes, desarrollan el sistema inmunológico al estimular la diferenciación de células T y en el íleon, facilitan la expresión de citoquinas. En neonatos, disminuyen la presencia de *Clostridium* spp. (Valeriano et al., 2017).

*L. plantarum* disminuye la liberación de gases al ambiente y aumenta la asimilación de proteína, mejorando la ganancia diaria de peso y la calidad de la carcasa en cerdos de finalización. En lechones recién destetados mejora la textura de la carne y aumenta el tamaño de las vellosidades intestinales (Valeriano et al., 2017).

Existen cepas de *Lactobacillus* spp. que fermentan fibra generando ácidos grasos volátiles, los cuales proveen energía a las células colónicas, mejorando el tránsito intestinal. Otras cepas secretan enzimas como lipasas o proteasas, que facilitan el proceso de digestión y asimilación de los nutrientes, optimizando el rendimiento productivo de los porcinos (Valeriano et al., 2017). Modelos *in vitro* han determinado que *L. rhamnosus*, uno de los probióticos más comunes, tiene la facultad de inhibir la adhesión de *E. coli* enterotoxigénica a los enterocitos J2, al igual que lo hace *L. johnsonii* (Dubreuil, 2017).

Dentro del género *Enterococcus* spp., la especie más utilizada es *E. faecium*, una bacteria con muchas bondades en los porcinos pues impide la adhesión a nivel intestinal de *E. coli* enterotoxigénica, principalmente por desplazamiento y exclusión y en menor medida, por competición de recursos (Loss et al., 2018; Tian et al., 2016).

Se demostró que la administración de este probiótico puede reducir el nivel de IL-8 intestinal, un potente pro-inflamatorio; al reducir el nivel de esta citocina, mejora la asimilación de nutrientes y mejoran los parámetros zootécnicos (Loss et al., 2018; Tian et al., 2016).

También puede disminuir la expresión de otras interleucinas, incluidas la 1 alfa y 6, normalmente incrementadas en presencia de *E. coli* enterotoxigénica, por lo que disminuye la citotoxicidad y la necrosis, siendo un adyuvante en la terapia (Kern et al., 2017).

Un estudio similar pero más amplio determinó que complementariamente, puede reducir la concentración caspasa 13 y del inflamador NLPR3, moléculas encargadas de ocasionar fiebre recurrente y una reacción inflamatoria severa en los porcinos (Loss et al., 2018).

Otro miembro de este género es *E. faecalis*, que al suplementarse en lechones incrementa el tamaño de las vellosidades y las criptas intestinales, incrementando la ganancia diaria

de peso en aproximadamente 35 gramos diarios, y reduciendo a 5% la incidencia de diarreas durante el ensayo. También protege al hígado en presencia de lipopolisacáridos aunque se recomienda el uso de otros probióticos más eficientes como *Clostridium butyricum* (K. Wang et al., 2019).

Si bien *E. faecalis* y *C. butyricum* tienen efecto por sí solos, cuando son combinados con *Bacillus mesentericus* se sinergizan. Esto lo evidencia un estudio, en el que esta mezcla aumentó el peso y el consumo de alimento durante el pre y post parto. Además, tanto el volumen como la calidad de la leche fueron superiores al grupo control, reflejado en mayor concentración de inmunoglobulinas para las crías. Finalmente, los días abiertos de las cerdas disminuyeron, mejorando la eficiencia reproductiva (Inatomi et al., 2017).

*Saccharomyces* spp. es una levadura que viene suplementándose en el balanceado de los porcinos durante la última década por los beneficios que otorga, por ejemplo, una mejor conversión alimenticia (Suryanarayana et al., 2013). Destaca también su capacidad de atenuación contra *Salmonella* spp. y *E. coli* enterotoxigénica en lechones (Kiros et al., 2018).

En un estudio efectuado en lechones suplementados con raciones de levadura viva de *S. cerevisiae*, los animales tratados tuvieron un peso mayor en comparación al grupo control. Además, el uso de este probiótico también diversificó la composición del microbioma intestinal (Kiros et al., 2019).

De forma más específica, los microorganismos que incrementan en el intestino ante la suplementación de *S. cerevisiae* son *Tenericutes* y *Firmicutes* y, en menor medida, *Bacteroidetes* y *Proteobacteria*; a la vez que disminuyen géneros como *Prevotella* y *Clostridium*, que son principalmente patógenos intestinales (Zhang et al., 2016).

Descritas las principales especies empleadas en porcicultura, vale mencionar que normalmente estas cepas son monitoreadas antes de ser aprobadas para la comercialización. Sin embargo, un estudio determinó que de nueve productos comerciales compuestos por *E. faecium*, seis contenían cepas resistentes a antibióticos como tetraciclina, lincomicina, ciprofloxacina y daptomicina. Además, uno de los seis presentó cepas multirresistentes (Amachawadi et al., 2018). Estos resultados enfatizan la necesidad de un trabajo regulatorio meticuloso por parte de entes que vigilan la calidad de estos productos.

### Prebióticos

Comprenden un grupo de aditivos alimentarios no digeribles para los porcinos, pero de fácil fermentación en su colon, estimulando la actividad de bacterias benéficas para la salud del animal al evitar la disbiosis. La simbiosis entre prebióticos y probióticos es

fundamental para equilibrar la respuesta inmunológica de los individuos (Adhikari & Kim, 2017; Markowiak & Śliżewska, 2018; Tanner et al., 2014).

Desempeñan primordialmente dos tipos de acciones: las directas son mejorar la producción de moco intestinal para producir una barrera ante microorganismos patógenos; también mejoran las características de los enterocitos y facilitan la producción de IgA. La principal acción indirecta de los prebióticos es el incremento del número de bacterias productoras de ácidos grasos de cadena corta, que son antiinflamatorios útiles para evitar alteraciones en el proceso de absorción (Nawaz et al., 2018).

Otra acción indirecta es el aumento del número de bacterias fermentadoras de carbohidratos. Estas bacterias consumen los mismos sustratos que los patógenos, por lo que evitan la proliferación de agentes infecciosos a través de la competencia por recursos (Nawaz et al., 2018).

Un epitelio intestinal reforzado tiene la capacidad de producir péptidos antimicrobianos y lisozima, un compuesto endógeno con acción antibiótica. Además, las células intestinales pueden unirse por medio de proteínas transmembrana, formando desmosomas y uniones estrechas para impedir la superficie que pudiese facilitar la translocación de microorganismos (Nawaz et al., 2018).

Si bien en otras especies existen estudios que determinan que se puede mejorar la adherencia de los probióticos cuando se los administra en conjunto con prebióticos (Kavanaugh et al., 2013; Koh et al., 2013), un estudio realizado en porcinos expone un modelo experimental en el que se dificultó la adhesión, salvo casos excepcionales como en *Lactococcus lactis*, y *E. faecium* junto con prebióticos como oligofruktosa o glucooligosacáridos. Por ello es necesario realizar análisis minuciosos antes de suplementarlos en conjunto en granjas porcinas (Kadlec & Jakubec, 2014).

#### *Principales prebióticos en porcicultura*

Los fructooligosacáridos (FOS) son carbohidratos de cadena corta, disponibles en alimentos como plátanos, espárragos, alcachofas, ajo, cebolla, entre otras frutas y verduras. Existen tres tipos de FOS, que se diferencian por su estructura química: la inulina, un fructano lineal con doce unidades de fructosa; la oligofruktosa que se compone de 3 a 9 fructosas y los FOS de cadena corta que se componen de fructosilo y un monómero de glucosa (Csernus & Czeglédi, 2020).

Los FOS son capaces de mitigar la caída de parámetros zootécnicos consecuente a infecciones bacterianas como *E. coli* enterotoxigénica en lechones destetados. Esto se evidencia en un estudio en el que los animales tratados con FOS tuvieron mejores resultados en el consumo de alimento, la ganancia de peso y la prevalencia de diarreas en comparación con el grupo control (Liu et al., 2020).

Los FOS de cadena corta, administrados después del destete, generan una mejor respuesta inmunológica a la vacunación de influenza porcina; esto se refleja en que los títulos de IgA e IgG fueron más altos y consistentes durante en cerdos destetados suplementados FOS en comparación con el grupo control o los individuos tratados durante la lactancia (Le Bourgot et al., 2016).

La inulina es parte de un grupo de polisacáridos naturales que pertenecen a los fructanos, por lo que se los puede encontrar tanto en frutas y verduras, pero está presente en mayor concentración en la achicoria y la alcachofa. Es indigerible a través de la acción enzimática, pero es fermentada por el microbiota intestinal. Entre sus propiedades benéficas se destaca el incremento en la longitud de las vellosidades intestinales. También genera ácidos grasos de cadena corta y estimula la secreción de moco intestinal (W. Wang et al., 2019).

En un estudio se demostró que la administración de inulina puede mejorar la ganancia diaria de peso y el peso final. Además, incrementó la concentración de hemoglobina y el porcentaje de hematocrito. Esto puede tener cierto efecto adyuvante en granjas para evitar anemias por deficiencias de hierro (Grela et al., 2021).

En otro ensayo, la conversión alimenticia mejoró al incluir 3% de inulina en la formulación del balanceado; también incrementó la ganancia diaria de peso y la digestibilidad de la fibra. En cerdos enteros, con un nivel de inclusión de 4%, se redujo el nivel de escatol visceral y de la grasa. En lechones, aumentó la permeabilidad de glucosa a nivel yeyunal y estimuló el crecimiento de *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*, limitando el crecimiento de enterobacterias (Kozłowska et al., 2016).

También podría influir sobre la calidad de la carcasa. Esto lo evidencia un estudio, en que la grasa dorsal es más profunda y el área de ojo de lomo es casi 9 cm<sup>2</sup> más extenso. Además, disminuyen las pérdidas por goteo y cocción, y existe mayor ternura pues hay menor resistencia al corte (W. Wang et al., 2019).

### *Ácidos Orgánicos*

Son compuestos con propiedades ácidas débiles y parcialmente disociables en agua (Panda et al., 2016). Se obtienen de fuentes de origen animal, microbiano o vegetal. Su estructura química se compone por un grupo de ácido carboxilo, unido a amidas y ésteres (Papagianni, 2019).

Los ácidos orgánicos han sido utilizados durante las últimas décadas como alternativas eficientes al uso de antibióticos en las diferentes etapas de la crianza porcina, siendo principalmente importantes en el destete. Sin embargo, su efecto promotor de crecimiento no es representativo (Panda et al., 2016).

Se los puede clasificar en tres grupos: ácidos grasos de cadena corta, de cadena media y ácidos tricarbóxicos. Los primeros se componen de máximo cinco átomos de carbono y son producidos dentro del intestino de los animales debido a la fermentación de azúcares por parte del microbioma. Entre estos se pueden mencionar al ácido butírico, propiónico y acético, beneficiosos en el cerdo debido a que mejoran la barrera intestinal y las características morfológicas del intestino (Tugnoli et al., 2020).

Los ácidos grasos de cadena media tienen hasta doce átomos de carbono y son fuente importante de energía en los lechones, además tienen gran actividad antimicrobiana. Los ácidos tricarbóxicos son importantes debido a su intervención en el ciclo de Krebs para la producción de energía y también mejoran la barrera intestinal, disminuyendo la inflamación (Tugnoli et al., 2020).

Tienen varias funciones de interés en la porcicultura; una de las más destacadas es la reducción del pH gástrico, que resulta útil en el destete debido a que el cambio de alimentación de leche a balanceado suprime el sustrato para que se acidifique el medio, por lo que el pH suele elevarse, alterando la actividad de la pepsina, cuya actividad óptima ocurre con un pH de 2 (Suiryanrayna & Ramana, 2015).

El pH elevado conlleva una mala digestión de los nutrientes, con posterior fermentación en el intestino distal, ocasionando diarreas. Por otra parte, los patógenos tienen un ambiente ideal para proliferar y generar infecciones. Esta problemática se puede evitar con la inclusión de ácido cítrico al 1% o ácido fumárico al 0,7% en la dieta (Suiryanrayna & Ramana, 2015).

Los ácidos orgánicos también pueden ser bactericidas al penetrar en las bacterias mediante la liberación de iones hidrógeno y aniones, lo que degrada la estructura de las bacterias (Suiryanrayna & Ramana, 2015). La capacidad antibacteriana está determinada por la cantidad de carbono en su estructura química y por el pKa, que es el valor de pH en el que 50% del ácido se encuentra disociado. Mientras menos disociado esté el ácido, tendrá mayor capacidad de penetración en la bacteria (Tugnoli et al., 2020).

Vale mencionar que producen una mejora en los parámetros productivos y de digestibilidad, sin embargo, estas mejoras no son representativas. También contribuyen a la generación de energía e incluso el ácido fumárico podría ser utilizado como una fuente energética tan importante como la glucosa en los porcinos (Suiryanrayna & Ramana, 2015).

#### *Principales ácidos orgánicos en porcicultura.*

El ácido láctico es producido normalmente por bacterias como *Lactobacillus* spp., *Bifidobacterium* spp., *Streptococcus* spp., entre otras. Se utiliza para la conservación de alimentos por su efecto antibacteriano, pero no posee efecto antifúngico. En los cerdos,

este ácido se produce por la fermentación ocasionada por la microbiota intestinal y por el ciclo anaerobio para obtención de energía del tejido muscular (Suiryanrayna & Ramana, 2015).

El ácido cítrico tiene un ligero sabor amargo; es el ácido orgánico con menor efecto antibacteriano porque muchos microorganismos pueden metabolizarlo. Es absorbido a través del mecanismo de gradiente de sodio y es un metabolito dentro del ciclo de Krebs (Suiryanrayna & Ramana, 2015).

El ácido fumárico tiene un sabor agrio; también se absorbe por una gradiente de sodio y además se lo obtiene como un metabolito de la degradación de tirosina y fenilalanina. Por otra parte, se lo puede encontrar como un intermediario en el ciclo de la urea (Suiryanrayna & Ramana, 2015).

En la alimentación se utilizan combinaciones de ácidos orgánicos para tener un efecto sinérgico. Normalmente se utilizan ácidos como el fumárico, cítrico, láctico, benzoico, propiónico, butírico, caprílico, cáprico, málico, entre otros. Por ejemplo, la combinación de ácido butírico, fumárico y benzoico mejora la ganancia de peso y la conversión alimenticia. La combinación de fumarato, citrato, malato, ácido cáprico y caprílico disminuye la incidencia de cuadros diarreicos y mejora el color de la carne y el área de ojo de lomo (Nguyen et al., 2020).

#### *Óxido de zinc*

Provee beneficios a los cerdos tales como la regulación de secreción de péptidos intestinales y neuronales, estimulando el apetito de los lechones y, por lo tanto, incrementando su crecimiento. Por otra parte, previene la aparición de diarreas por dos efectos; el primero es la modulación del microbiota, impidiendo la fijación de bacterias patógenas. El otro es mejorar la absorción de agua, por lo que las heces se mantienen sólidas. Además, la adición de óxido de zinc a la dieta de los cerdos disminuye la activación de mastocitos intestinales, reduciendo la liberación de histamina (C. Wang et al., 2017).

La desventaja del óxido de zinc es que tiene baja digestibilidad, por lo que un importante porcentaje de este compuesto es excretado al medio ambiente y esto genera contaminación pues en el suelo se deposita como un metal pesado y puede ser acarreado por las aguas fluviales hacia los depósitos de agua, ocasionado un peligro para la salud (Lynegaard et al., 2021).

Otro aspecto fundamental respecto al óxido de zinc es el manejo meticuloso de la dosis, pues cantidades sobre 2500mg/kg incrementan las tasas de RAM, debido a un mecanismo por el cual el zinc induce la activación de los genes que codifican la resistencia a beta-lactámicos; inclusive aún resta determinar si dosis menores, sin utilidad terapéutica,

tienen también ese efecto negativo. Por estos motivos la Unión Europea decidió eliminar al óxido de zinc como un suplemento autorizado post destete (Slifierz et al., 2015; Yazdankhah et al., 2014).

Para evitar esta problemática existen alternativas al uso de óxido de zinc, como las nanopartículas de óxido de zinc. Estas nanopartículas tienen una función antibacteriana más eficiente, especialmente contra bacterias gramnegativas. Los nano-ZnO tienen mayor cantidad de partículas por unidad de masa y una mayor superficie específica y por esta razón, conllevan un riesgo mínimo de toxicidad (C. Wang et al., 2017).

Sus principales ventajas son el mejoramiento de los parámetros productivos, disminución de la concentración de zinc en heces y disminución de la incidencia de diarrea (C. Wang et al., 2017). Un estudio Pei et al. (2019), determinó que a dosis de 300 a 450 mg/Kg de nano-ZnO, se obtienen menores tasas de diarrea y mejor ganancia de peso con menor consumo de alimento.

#### *Sulfato de cobre*

Es compuesto utilizado desde antes del uso de óxido de zinc para la prevención de diarreas durante el destete. Tiene la ventaja de ser muy económico; sin embargo, no puede ser aplicado en grandes cantidades pues puede volverse tóxico para los lechones (Mavromichalis, 2016).

Los beneficios del uso del sulfato de cobre son el mejoramiento de la digestibilidad de los nutrientes, disminución del estrés oxidativo, mantenimiento de la salud intestinal, incremento del rendimiento reproductivo, optimiza el uso del hierro en lechones, entre otros. La inclusión debe ser de 125 a 250 ppm; en estas cantidades se maximiza la eficiencia de conversión alimenticia otros (Mikesell, 2016).

Actualmente, existe una nueva alternativa para administrar cobre en la dieta porcina: un compuesto denominado cloruro de cobre tribásico. Este producto mejora aún más el peso vivo final de los cerdos y el aumento del peso de la canal caliente. El principal mecanismo para este efecto es el incremento del consumo diario de alimento, que es resultado de una ruta fisiológica en la que interviene el cobre para aumentar la síntesis de neurotransmisores (por ejemplo, neuropéptido Y) involucrados en la inducción del apetito y la eficiencia metabólica (Coble et al., 2017).

Otra manera de administrar cobre es por medio de un quelato de cobre análogo de hidroximetionina metálico; este puede mejorar hasta en 3% la ganancia diaria de peso en comparación con el sulfato de cobre y, además, reduce un 23% la tasa de diarreas en lechones post destete. Las ventajas de este compuesto provienen de la quelación, que implica que el cobre está unido a un ligando, obteniendo mayor estabilidad y disminuyendo las pérdidas por digestibilidad (Mikesell, 2016).

## Conclusiones

- Frente a la problemática de la resistencia a los antimicrobianos, la ciencia está en constante exploración de nuevas alternativas al uso de antibióticos profilácticos y terapéuticos, a fin de evitar las drásticas consecuencias de la RAM para la salud pública. A través de la investigación se pueden desarrollar materias primas que contribuyan a mejorar la porcicultura, otorgando más opciones para que los productores apliquen modelos sostenibles y a la vez mejoren la rentabilidad.
- En este sentido, los suplementos descritos en este trabajo mejoran los parámetros zootécnicos, modulan el sistema inmunológico e inhiben el crecimiento de microorganismos patógenos. Es importante mencionar que pueden combinarse en forma sinérgica; un ejemplo son los prebióticos, que pueden servir de sustrato para los probióticos, y maximizar mutuamente el desempeño para evitar la adhesión de patógenos al intestino de los porcinos.
- Los antibióticos son, sin duda, la opción más económica y difundida de promotores de crecimiento; sin embargo, los profesionales implicados en la crianza de animales deberían fomentar el reemplazo paulatino de estos fármacos por la corresponsabilidad que tienen en el concepto de *One Health*, cuyo fin es preservar la salud animal, humana y ambiental.

## Referencias Bibliográficas

- Adhikari, P. A., & Kim, W. K. (2017). Overview of Prebiotics and Probiotics: Focus on Performance, Gut Health and Immunity – A Review. *Annals of Animal Science*, 17(4), 949-966. <https://doi.org/10.1515/aoas-2016-0092>
- Amachawadi, R. G., Giok, F., Shi, X., Soto, J., Narayanan, S. K., Tokach, M. D., ... Nagaraja, T. G. (2018). Antimicrobial resistance of *Enterococcus faecium* strains isolated from commercial probiotic products used in cattle and swine<sup>1,2</sup>. *Journal of Animal Science*, 96(3), 912-920. <https://doi.org/10.1093/jas/sky056>
- Coble, K. F., DeRouchey, J. M., Tokach, M. D., Dritz, S. S., Goodband, R. D., Woodworth, J. C., & Usry, J. L. (2017). The effects of copper source and concentration on growth performance, carcass characteristics, and pen cleanliness in finishing pigs<sup>1,2</sup>. *Journal of Animal Science*, 95(9), 4052-4059. <https://doi.org/10.2527/jas.2017.1624>
- Csernus, B., & Czeglédi, L. (2020). Physiological, antimicrobial, intestine morphological, and immunological effects of fructooligosaccharides in pigs. *Archives Animal Breeding*, 63(2), 325-335. <https://doi.org/10.5194/aab-63-325-2020>

- de Aguiar, F. C., Solarte, A. L., Tarradas, C., Luque, I., Maldonado, A., Galán-Relaño, Á., & Huerta, B. (2018). Antimicrobial activity of selected essential oils against *Streptococcus suis* isolated from pigs. *MicrobiologyOpen*, 7(6), e00613. <https://doi.org/10.1002/mbo3.613>
- Díaz-Sánchez, S., D'Souza, D., Biswas, D., & Hanning, I. (2015). Botanical alternatives to antibiotics for use in organic poultry production. *Poultry Science*, 94(6), 1419-1430. <https://doi.org/10.3382/ps/pev014>
- Dubreuil, J. D. (2017). Enterotoxigenic *Escherichia coli* and probiotics in swine: What the bleep do we know? *Bioscience of Microbiota, Food and Health*, 36(3), 75-90. <https://doi.org/10.12938/bmfh.16-030>
- García-Contreras, A., De Loera Ortega, Y., Yagüe, A., Guevara González, J., & García Artiga, C. (2012). Alimentación práctica del cerdo. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 6(1), 21-50. [https://doi.org/10.5209/rev\\_RCCV.2012.v6.n1.38718](https://doi.org/10.5209/rev_RCCV.2012.v6.n1.38718)
- Gómez-García, M., Sol, C., de Nova, P. J. G., Puyalto, M., Mesas, L., Puente, H., & Carvajal, A. (2019). Antimicrobial activity of a selection of organic acids, their salts and essential oils against swine enteropathogenic bacteria. *Porcine Health Management*, 5(1), 32. <https://doi.org/10.1186/s40813-019-0139-4>
- Grela, E. R., Pietrzak, K., Sobolewska, S., & Witkowski, P. (2013). Effect of Inulin and Garlic Supplementation in Pig Diets. *Annals of Animal Science*, 13(1), 63-71. <https://doi.org/10.2478/v10220-012-0059-6>
- Grela, E. R., Świątkiewicz, M., Florek, M., Bąkowski, M., & Skiba, G. (2021). Effect of Inulin Source and a Probiotic Supplement in Pig Diets on Carcass Traits, Meat Quality and Fatty Acid Composition in Finishing Pigs. *Animals*, 11(8), 2438. <https://doi.org/10.3390/ani11082438>
- Heyn, P. C., Meeks, S., & Pruchno, R. (2019). Methodological Guidance for a Quality Review Article. *The Gerontologist*, 59(2), 197-201. <https://doi.org/10.1093/geront/gny123>
- Hou, C., Zeng, X., Yang, F., Liu, H., & Qiao, S. (2015). Study and use of the probiotic *Lactobacillus reuteri* in pigs: A review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 6(1), 14. <https://doi.org/10.1186/s40104-015-0014-3>
- Huang, W., Chang, J., Wang, P., Liu, C., Yin, Q., Song, A., & Lu, F. (2019). Effect of Compound Probiotics and Mycotoxin Degradation Enzymes on Alleviating

- Cytotoxicity of Swine Jejunal Epithelial Cells Induced by Aflatoxin B1 and Zearalenone. *Toxins*, 11(1), 12. <https://doi.org/10.3390/toxins11010012>
- Inatomi, T., Amatatsu, M., Romero-Pérez, G. A., Inoue, R., & Tsukahara, T. (2017). Dietary Probiotic Compound Improves Reproductive Performance of Porcine Epidemic Diarrhea Virus-Infected Sows Reared in a Japanese Commercial Swine Farm under Vaccine Control Condition. *Frontiers in Immunology*, 8, 1877. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2017.01877>
- Kadlec, R., & Jakubec, M. (2014). The effect of prebiotics on adherence of probiotics. *Journal of Dairy Science*, 97(4), 1983-1990. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7448>
- Kavanaugh, D. W., O'Callaghan, J., Buttó, L. F., Slattery, H., Lane, J., Clyne, M., & Hickey, R. M. (2013). Exposure of Bifidobacterium longum subsp. Infantis to Milk Oligosaccharides Increases Adhesion to Epithelial Cells and Induces a Substantial Transcriptional Response. *PLoS ONE*, 8(6), e67224. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0067224>
- Kern, M., Günzel, D., Aschenbach, J. R., Tedin, K., Bondzio, A., & Lodemann, U. (2017). Altered Cytokine Expression and Barrier Properties after In Vitro Infection of Porcine Epithelial Cells with Enterotoxigenic *Escherichia coli* and Probiotic *Enterococcus faecium*. *Mediators of Inflammation*, 2017, 1-13. <https://doi.org/10.1155/2017/2748192>
- Kim, S. W., Fan, M. Z., & Applegate, T. J. (2008). Nonruminant Nutrition symposium on natural phytobiotics for health of young animals and poultry: Mechanisms and application1,2. *Journal of Animal Science*, 86(suppl\_14), E138-E139. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0769>
- Kiros, T. G., Derakhshani, H., Pinloche, E., D'Inca, R., Marshall, J., Auclair, E., & Van Kessel, A. (2018). Effect of live yeast *Saccharomyces cerevisiae* (Actisaf Sc 47) supplementation on the performance and hindgut microbiota composition of weanling pigs. *Scientific Reports*, 8(1), 5315. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-23373-8>
- Kiros, Tadele G., Luise, D., Derakhshani, H., Petri, R., Trevisi, P., D'Inca, R., & van Kessel, A. G. (2019). Effect of live yeast *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on the performance and cecum microbial profile of suckling piglets. *PLOS ONE*, 14(7), e0219557. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219557>

- Koh, J. H., Choi, S. H., Park, S. W., Choi, N.-J., Kim, Y., & Kim, S. H. (2013). Synbiotic impact of tagatose on viability of *Lactobacillus rhamnosus* strain GG mediated by the phosphotransferase system (PTS). *Food Microbiology*, 36(1), 7-13. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2013.03.003>
- Kozłowska, I., Marć-Pieńkowska, J., & Bednarczyk, M. (2016). 2. Beneficial Aspects of Inulin Supplementation as a Fructooligosaccharide Prebiotic in Monogastric Animal Nutrition – A Review. *Annals of Animal Science*, 16(2), 315-331. <https://doi.org/10.1515/aoas-2015-0090>
- Le Bourgot, C., Ferret-Bernard, S., Blat, S., Apper, E., & Le Huërou-Luron, I. (2016). Short chain fructooligosaccharide supplementation during gestation and lactation or after weaning differentially impacts pig growth and IgA response to influenza vaccination. *Journal of Functional Foods*, 24, 307-315. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2016.04.018>
- Leong, J., Morel, P. C. H., Purchas, R. W., & Wilkinson, B. H. P. (2010). The production of pork with garlic flavour notes using garlic essential oil. *Meat Science*, 84(4), 699-705. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.11.006>
- Leong, J., Morel, P. C. H., Purchas, R. W., & Wilkinson, B. H. P. (2011). Effects of dietary components including garlic on concentrations of skatole and indole in subcutaneous fat of female pigs. *Meat Science*, 88(1), 45-50. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.12.001>
- Liao, S. F., & Nyachoti, M. (2017). Using probiotics to improve swine gut health and nutrient utilization. *Animal Nutrition*, 3(4), 331-343. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.06.007>
- Liu, L., Chen, D., Yu, B., Yin, H., Huang, Z., Luo, Y., & He, J. (2020). Fructooligosaccharides improve growth performance and intestinal epithelium function in weaned pigs exposed to enterotoxigenic *Escherichia coli*. *Food & Function*, 11(11), 9599-9612. <https://doi.org/10.1039/D0FO01998D>
- Loss, H., Aschenbach, J. R., Tedin, K., Ebner, F., & Lodemann, U. (2018). The Inflammatory Response to Enterotoxigenic *E. coli* and Probiotic *E. faecium* in a Coculture Model of Porcine Intestinal Epithelial and Dendritic Cells. *Mediators of Inflammation*, 2018, 1-16. <https://doi.org/10.1155/2018/9368295>
- Lynegaard, J. C., Kjeldsen, N. J., Bache, J. K., Weber, N. R., Hansen, C. F., Nielsen, J. P., & Amdi, C. (2021). Low protein diets without medicinal zinc oxide for weaned pigs reduced diarrhea treatments and average daily gain. *Animal*, 15(1), 100075. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100075>

- Markowiak, P., & Śliżewska, K. (2018). The role of probiotics, prebiotics and synbiotics in animal nutrition. *Gut Pathogens*, 10(1), 21. <https://doi.org/10.1186/s13099-018-0250-0>
- Mavromichalis, I. (2016). Adding copper sulfate to antibiotic-free piglet diets. <https://www.feedstrategy.com/pig-nutrition/adding-copper-sulfate-to-antibiotic-free-piglet-diets/>
- Mercati, F., Dall'Aglio, C., Acuti, G., Faeti, V., Tardella, F. M., Pirino, C., & Scocco, P. (2020). Oregano Feed Supplementation Affects Glycoconjugates Production in Swine Gut. *Animals*, 10(1), 149. <https://doi.org/10.3390/ani10010149>
- Mikesell, S. (2016). Copper Is Key for Piglet Performance. <https://www.thepigsite.com/articles/copper-is-key-for-piglet-performance>
- Mohammadi Gheisar, M., & Kim, I. H. (2018). Phytobiotics in poultry and swine nutrition – a review. *Italian Journal of Animal Science*, 17(1), 92-99. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2017.1350120>
- Mukumbo, F., & Muchenje, V. (2016). Producing pork to meet modern consumer demands. *SAPPO Industry-Commissioned Review*.
- Nawaz, A., Bakhsh javaid, A., Irshad, S., Hoseinifar, S. H., & Xiong, H. (2018). The functionality of prebiotics as immunostimulant: Evidence from trials on terrestrial and aquatic animals. *Fish & Shellfish Immunology*, 76, 272-278. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.03.004>
- Nguyen, D. H., Seok, W. J., & Kim, I. H. (2020). Organic Acids Mixture as a Dietary Additive for Pigs—A Review. *Animals*, 10(6), 952. <https://doi.org/10.3390/ani10060952>
- Panda, S. K., Mishra, S. S., Kayitesi, E., & Ray, R. C. (2016). Microbial processing of fruit and vegetable wastes for production of vital enzymes and organic acids: Biotechnology and scopes. *Environmental Research*, 146, 161-172. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.12.035>
- Papagianni, M. (2019). Organic Acids. *Comprehensive Biotechnology* (pp. 85-97). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64046-8.00009-4>
- Pei, X., Xiao, Z., Liu, L., Wang, G., Tao, W., Wang, M., & Leng, D. (2019). Effects of dietary zinc oxide nanoparticles supplementation on growth performance, zinc status, intestinal morphology, microflora population, and immune response in weaned pigs: Effects of dietary zinc oxide nanoparticles on weaned pigs. *Journal*

- of the Science of Food and Agriculture*, 99(3), 1366-1374.  
<https://doi.org/10.1002/jsfa.9312>
- Piquer, G. (2020). Materias primas para la elaboración de raciones en producción porcina. <https://infopork.com/2020/07/materias-primas-para-la-elaboracion-de-raciones-en-produccion-porcina/>
- Ruiz, R., García, M. P., Lara, A., & Rubio, L. A. (2010). Garlic derivatives (PTS and PTS-O) differently affect the ecology of swine faecal microbiota in vitro. *Veterinary Microbiology*, 144(1-2), 110-117.  
<https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2009.12.025>
- Shepon, A., Eshel, G., Noor, E., & Milo, R. (2016). Energy and protein feed-to-food conversion efficiencies in the US and potential food security gains from dietary changes. *Environmental Research Letters*, 11(10), 105002.  
<https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/10/105002>
- Shin, D., Chang, S. Y., Bogere, P., Won, K., Choi, J.-Y., Choi, Y.-J., & Heo, J. (2019). Beneficial roles of probiotics on the modulation of gut microbiota and immune response in pigs. *PLOS ONE*, 14(8), e0220843.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220843>
- Skoufos, I., Bonos, E., Anastasiou, I., Tsinas, A., & Tzora, A. (2020). Effects of phytobiotics in healthy or disease challenged animals. *Feed Additives* (pp. 311-337). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814700-9.00018-2>
- Slifierz, M. J., Friendship, R., & Weese, J. S. (2015). Zinc Oxide Therapy Increases Prevalence and Persistence of Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* in Pigs: A Randomized Controlled Trial. *Zoonoses and Public Health*, 62(4), 301-308. <https://doi.org/10.1111/zph.12150>
- Ström, G., Boqvist, S., Albihn, A., Fernström, L.-L., Andersson Djurfeldt, A., Sokerya, S., & Magnusson, U. (2018). Antimicrobials in small-scale urban pig farming in a lower middle-income country – arbitrary use and high resistance levels. *Antimicrobial Resistance & Infection Control*, 7(1), 35.  
<https://doi.org/10.1186/s13756-018-0328-y>
- Suiryanrayna, M. V. A. N., & Ramana, J. V. (2015). A review of the effects of dietary organic acids fed to swine. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 6(1), 45. <https://doi.org/10.1186/s40104-015-0042-z>
- Suryanarayana, M., Sreedhar, S., & Babu, B. J. (2013). Interactive effect of prebiotic (oligofructose) and probiotic (saccharomyces) feed additives on nutrient

- utilization, growth, feed conversion and faecal microbiota population in pigs. *Animal Science Reporter*, 7, 107-113.
- Tan, C., Wei, H., Sun, H., Ao, J., Long, G., Jiang, S., & Peng, J. (2015). Effects of Dietary Supplementation of Oregano Essential Oil to Sows on Oxidative Stress Status, Lactation Feed Intake of Sows, and Piglet Performance. *BioMed Research International*, 2015, 1-9. <https://doi.org/10.1155/2015/525218>
- Tanner, S. A., Chassard, C., Zihler Berner, A., & Lacroix, C. (2014). Synergistic effects of Bifidobacterium thermophilum RBL67 and selected prebiotics on inhibition of Salmonella colonization in the swine proximal colon PolyFermS model. *Gut Pathogens*, 6(1), 44. <https://doi.org/10.1186/s13099-014-0044-y>
- Tian, Z., Liu, X., Dai, R., Xiao, Y., Wang, X., Bi, D., & Shi, D. (2016). *Enterococcus faecium* HDRsEf1 Protects the Intestinal Epithelium and Attenuates ETEC-Induced IL-8 Secretion in Enterocytes. *Mediators of Inflammation*, 2016, 1-10. <https://doi.org/10.1155/2016/7474306>
- Tugnoli, Giovagnoni, Piva, & Grilli. (2020). From Acidifiers to Intestinal Health Enhancers: How Organic Acids Can Improve Growth Efficiency of Pigs. *Animals*, 10(1), 134. <https://doi.org/10.3390/ani10010134>
- Valeriano, V. D. V., Balolong, M. P., & Kang, D.-K. (2017). Probiotic roles of *Lactobacillus* sp. in swine: Insights from gut microbiota. *Journal of Applied Microbiology*, 122(3), 554-567. <https://doi.org/10.1111/jam.13364>
- Vande Maele, L., Heyndrickx, M., Maes, D., De Pauw, N., Mahu, M., Verlinden, M., & Boyen, F. (2016). *In vitro* susceptibility of *Brachyspira hyodysenteriae* to organic acids and essential oil components. *Journal of Veterinary Medical Science*, 78(2), 325-328. <https://doi.org/10.1292/jvms.15-0341>
- Vidanarachchi, J., Mikkelsen, H., Sims, I., Iji, P., & Choct, M. (2005). Phytobiotics: Alternatives to antibiotic growth promoters in monogastric animal feed. *Recent Advances in Animal Nutrition in Australia* (p. 144).
- Wang, C., Zhang, L., Su, W., Ying, Z., He, J., Zhang, L., & Wang, T. (2017). Zinc oxide nanoparticles as a substitute for zinc oxide or colistin sulfate: Effects on growth, serum enzymes, zinc deposition, intestinal morphology and epithelial barrier in weaned piglets. *PLOS ONE*, 12(7), e0181136. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181136>
- Wang, K., Chen, G., Cao, G., Xu, Y., Wang, Y., & Yang, C. (2019). Effects of *Clostridium butyricum* and *Enterococcus faecalis* on growth performance,

- intestinal structure, and inflammation in lipopolysaccharide-challenged weaned piglets. *Journal of Animal Science*, 97(10), 4140-4151. <https://doi.org/10.1093/jas/skz235>
- Wang, W., Chen, D., Yu, B., Huang, Z., Luo, Y., Zheng, P., ... He, J. (2019). Effect of Dietary Inulin Supplementation on Growth Performance, Carcass Traits, and Meat Quality in Growing–Finishing Pigs. *Animals*, 9(10), 840. <https://doi.org/10.3390/ani9100840>
- Wang, X., Tsai, T., Deng, F., Wei, X., Chai, J., Knapp, J., & Zhao, J. (2019). Longitudinal investigation of the swine gut microbiome from birth to market reveals stage and growth performance associated bacteria. *Microbiome*, 7(1), 109. <https://doi.org/10.1186/s40168-019-0721-7>
- Xu, J., Li, Y., Yang, Z., Li, C., Liang, H., Wu, Z., & Pu, W. (2018). Yeast Probiotics Shape the Gut Microbiome and Improve the Health of Early-Weaned Piglets. *Frontiers in Microbiology*, 9, 2011. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02011>
- Yan, L., Meng, Q. W., & Kim, I. H. (2011). The effects of dietary *Houttuynia cordata* and *Taraxacum officinale* extract powder on growth performance, nutrient digestibility, blood characteristics and meat quality in finishing pigs. *Livestock Science*, 141(2-3), 188-193. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.05.017>
- Yang, Caimei, Zhang, L., Cao, G., Feng, J., Yue, M., Xu, Y., & Guo, X. (2019). Effects of dietary supplementation with essential oils and organic acids on the growth performance, immune system, fecal volatile fatty acids, and microflora community in weaned piglets. *Journal of Animal Science*, 97(1), 133-143. <https://doi.org/10.1093/jas/sky426>
- Yang, Chengbo, Chowdhury, M. A., Huo, Y., & Gong, J. (2015). Phytogetic Compounds as Alternatives to In-Feed Antibiotics: Potentials and Challenges in Application. *Pathogens*, 4(1), 137-156. <https://doi.org/10.3390/pathogens4010137>
- Yang, H., Huang, X., Fang, S., He, M., Zhao, Y., Wu, Z., & Huang, L. (2017). Unraveling the Fecal Microbiota and Metagenomic Functional Capacity Associated with Feed Efficiency in Pigs. *Frontiers in Microbiology*, 8, 1555. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01555>
- Yazdankhah, S., Rudi, K., & Bernhoft, A. (2014). Zinc and copper in animal feed – development of resistance and co-resistance to antimicrobial agents in bacteria of animal origin. *Microbial Ecology in Health & Disease*, 25(0). <https://doi.org/10.3402/mehd.v25.25862>

- Zhang, Z., Cao, L., Zhou, Y., Wang, S., & Zhou, L. (2016). Analysis of the duodenal microbiotas of weaned piglet fed with epidermal growth factor-expressed *Saccharomyces cerevisiae*. *BMC Microbiology*, *16*(1), 166. <https://doi.org/10.1186/s12866-016-0783-7>
- Zhaxi, Y., Meng, X., Wang, W., Wang, L., He, Z., Zhang, X., & Pu, W. (2020). Duan-Nai-An, A Yeast Probiotic, Improves Intestinal Mucosa Integrity and Immune Function in Weaned Piglets. *Scientific Reports*, *10*(1), 4556. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61279-6>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Alfa Publicaciones**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Alfa Publicaciones**.

