

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS PECUARIAS

**EFEECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE ÁCIDO BENZOICO SOBRE
EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO DE CERDOS DESTETADOS**

ASESOR

ING. RICHARD MUDARRA M.SC

JOSE JOHN LAMAS COTES

CIP. 4-817-1068

DAVID, CHIRIQUÍ

REPÚBLICA DE PANAMÁ

2023

**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE ÁCIDO BENZOICO SOBRE
EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO DE CERDOS DESTETADOS**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDO PARA OPTAR POR EL
TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNAMO ZOOTECNISTA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS PECUARIAS**

**PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O
PARCIAL DEBE SER OBTENIDO EN LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS**

APROBADO:

PROF. ING. RICHARD MUDARRA M.Sc

ASESOR

PROF. ING. MARIO ARJONA M.Sc

MIEMBRO

PROF. ING VICTOR SANCHEZ M.Sc

MIEMBRO

DAVID, CHIRIQUÍ

REPÚBLICA DE PANAMÁ

2023

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi Dios, porque él es intercesor de toda la creación y sin él no somos nada, por haberme dado la vida, acompañarme a lo largo de mi carrera, ser luz en mi camino y brindarme esa sabiduría, fortaleza y espíritu luchador, logrando también una meta más, que es culminar mis estudios como Ingeniero Agrónomo Zootecnista en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá. Aprecio a las personas que han estado conmigo en mi formación universitaria, como personal, ellos son mis familiares; mi madre que siempre ha estado para mí, pilar de mi familia, mujer luchadora, quien me ama incondicionalmente y me ha mostrado que a pesar de las adversidades uno puede superarse y seguir adelante. A mi papá por ser ese promotor de mis sueños, apoyo económico y por creer en mí. A mis abuelas, que siempre me brindan subvención, sabios consejos y se enorgullecen de que me supere día a día y del profesional que me voy a convertir. A mi abuelo Aureo por ser persona que siempre tomo como ejemplo, que uno puede superarse y alcanzar todas las metas que uno se proponga en esta vida. A mi tío Jorge por sus consejos. A mi madrina Karla por ser como mi segunda madre, persona clave en mi vida. A mi novia Alicia que me motivo para seguir luchando y me apoyo hasta donde sus alcances se lo permitían. A mis profesores que han servido de guía y han depositado en mi lo conocimientos necesarios para desarrollarme profesionalmente y ser un profesional de éxito.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mi madre Georgina, a mis dos abuelas Teodosia y Maximina, quienes fueron el pilar clave en este caminar, brindándome su incansable apoyo, su amor y su comprensión sin límites. Además, quiero resaltar su inquebrantable fe en mí, para llevar a cabo este gran proyecto. Debo admitir que, sin ellas, nada de esto sería posible. Las amo y estoy enormemente agradecido por ser mi mayor inspiración. Este trabajo es un claro testimonio de que, al confiar en Dios y en uno mismo, todo se vuelve posible. La vida no es fácil, es una constante superación de barreras y desafíos, pero recordemos que tenemos un motor llamado corazón, un seguro llamado fe y un conductor llamado Dios, para así estar en un constante movimiento, crecimiento y búsqueda para lograr alcanzar nuestras metas.

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el ácido benzoico sobre el desempeño productivo e influencia en el perfil hematológico de los lechones post-destete, un total de 24 lechones cruzados (♀ Landrace x Yorkshire X ♂ Pietrain; ± 13.73 lbs) fueron asignados a dos tratamientos con tres repeticiones/tratamiento y cuatro cerdos por repetición durante una sola fase (F) de 28 días. Los tratamientos fueron: tratamiento control; TC) formulados para suplir los requerimientos nutricionales establecidos por la NRC, (2012); tratamiento con ácido orgánico; AO) Similar a TC más la adición de 0.50 % de ácido benzoico en la dieta. Se utilizó un diseño completamente al azar, y los datos fueron contrastados mediante un análisis de varianza (ANOVA) con comparación de medias. Al inicio y al final de cada fase se registró el consumo de alimento (CAT) y la ganancia de peso (GPT) en los lechones, determinando la conversión alimenticia (CA). Se tomaron muestras sanguíneas al momento del destete y en los días 5, 17 y 28 posterior al destete. Estas muestras fueron analizadas para determinar el perfil hematológico. No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para GPT, CAT y CA ($p > 0.05$). No obstante, en términos numéricos, la alimentación con AO resultó en una disminución de la CA en los cerdos. En las variables hematológicas, no se encontraron diferencias entre los tratamientos en ningún valor de concentración de RBC: recuento de glóbulos rojo (eritrocitos), HGB: hemoglobina, WBC: recuento de células blancas (leucocitos) y porcentaje de HCT ($p > 0.05$). Sin embargo, cabe destacar que numéricamente, se observó una mayor concentración de WBC en los cerdos alimentados con AO en comparación con los cerdos alimentados con TC. La suplementación con ácido benzoico en lechones no mostró efecto marcado en el desempeño de los lechones y no infirió directamente con el perfil hematológico de los cerdos.

Palabras claves: Ácido orgánico, perfil hematológico, lechones, eritrocitos y leucocitos.

ABSTRACT

With the objective of evaluating benzoic acid on productive performance and influence on the hematological profile of post-weaning piglets, a total of 24 crossbred piglets (♀ Landrace x Yorkshire X ♂ Pietrain; ± 13.73 lbs) were assigned to two treatments with three repetitions/treatment and four pigs per repetition during a single phase (F) of 28 days. Treatments were: control treatment; TC) formulated to supply the nutritional requirements established by the NRC, (2012); organic acid treatment; AO) Similar to TC plus the addition of 0.50 % benzoic acid in the diet. A completely randomized design was used, and data were contrasted by analysis of variance (ANOVA) with comparison of means. At the beginning and end of each phase, feed intake (FI) and weight gain (WG) were recorded in the piglets, and feed conversion (FC) was determined. Blood samples were taken at weaning and on days 5, 17 and 28 post-weaning. The blood samples were analyzed to determine the leukocyte profile, hemoglobin concentration and erythrocyte percentage. No statistically significant differences were observed between treatments for GPT, FI and FC ($p > 0.05$). However, numerically, AO feeding resulted in a decrease of FC in pigs. Related to the hematological variables, no differences were found between treatments in red blood cell (RBC) count, hemoglobin (HGB), white blood cell (WBC) count and percentage of hematocrit (HCT) ($p > 0.05$). However, a higher numerically WBC concentration was observed in pigs fed AO compared to pigs fed CT. In conclusion benzoic acid supplementation in did not show no marked effect on performance and did not directly interfere with the hematological profile of the pigs.

Key words: Organic acid, hematological profile, piglets, erythrocytes and leukocytes.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO.....	iv
DEDICATORIA.....	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
INTRODUCCIÓN	1
I. MARCO TEORICO	3
1.1 Problemática en el destete de cerdos:	3
1.2 Principales afectaciones en lechones destetados:	3
1.3 Ventajas del uso de ácidos orgánicos:	5
1.4 Acción de los ácidos orgánicos:.....	6
1.5 Efecto de los ácidos orgánicos sobre la inocuidad del alimento	7
1.6 Efecto de los ácidos orgánicos sobre el crecimiento bacteriano.....	7
1.7 Efecto de los ácidos orgánicos sobre el pH gástrico y activación de enzimas...	8
1.8 Efecto de los ácidos orgánicos sobre de pH urinario	9
1.9 Efecto de sales orgánicas.....	9
1.10 Beneficios de la utilización del ácido benzoico en la dieta de lechones.....	9
1.11 Comportamiento productivo de cerdos suplementados con ácido benzoico en lechones destetados.	10
1.12 Indicadores hematológicos en el desempeño de los lechones	11
1.13 Sangre	13
Composición de la sangre	13
1.14 Plasma.....	13
1.15 Hemograma	13
1.16 Interpretación de hemogramas	14
1.17 Glóbulos rojos o Eritrocitos (RBC)	14
1.18 Hemoglobina (HGB).....	14
1.19 Hematocrito (HCT).....	15
1.20 Glóbulos blancos o Leucocitos (WBC).....	15
II. MARCO METODOLÓGICO.....	16

2.1	Ubicación:	16
III.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
IV.	CONCLUSIONES.....	26
V.	RECOMENDACIONES	27
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
VII.	ANEXOS	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.Composición porcentual de las dietas experimentales.....	17
Tabla 2.Contenido nutricional determinado de las dietas experimentales.....	18
Tabla 3.Efecto de la suplementación del ácido benzoico sobre el desempeño de los lechones.....	20
Tabla 4. Efecto de la suplementación de ácido benzoico sobre el perfil hematológico.	21
Tabla 5.Variables hematológicas según los días de muestreo.....	23

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.Elaboración de concentrado en la planta de alimentos de la universidad. . .	40
Anexo 2. Limpieza de comederos y corrales.....	40
Anexo 3.Actividades durante la investigación.	41

INTRODUCCIÓN

El destete comercial, a diferencia del natural, no es gradual, sino un evento abrupto y repentino, que resulta sumamente estresante para el lechón aún inmaduro. Este hecho es caracterizado por la separación de la madre, el cambio ambiental y de una dieta láctea a una sólida (principalmente compuesta por ingredientes de origen vegetal). Todo esto, sumado a la presencia de nuevos patógenos propicia complicaciones neuroendocrinas, inmunológicas y digestivas (Pohl *et al.*, 2015; Moeser *et al.*, 2017).

El lechón al destete tiene una baja capacidad intestinal para digerir y absorber alimentos sólidos, sobre todo los de origen vegetal, por lo que su aparato digestivo debe madurar rápidamente para asegurar su sobrevivencia” (Buddington *et al.*, 2012; Pohl *et al.*, 2015). Durante este período, el lechón produce cambios en la morfología intestinal y en el pH y, como consecuencia, modificación de la microbiota intestinal. Así mismo, pasan por un periodo de estrés debido al cambio de corral, separación de la madre y agrupamiento con otros lechones. Por tanto, hay disminución del consumo voluntario de alimento y problemas digestivos por la deficiencia en la producción enzimática (Castillo & Alves, 2007).

Existe la necesidad de controlar las situaciones por la que el lechón se expone a un mayor número de factores causantes de estrés, por ello resulta de suma importancia plantear estrategias que ayuden a disminuir el efecto que éstos producen en los lechones, incluyendo manejos agresivos, medio ambiente, problemas digestivos, y bajos consumos, que originan camadas poco uniformes y un alto porcentaje de lechones con bajo desempeño durante el primer mes de vida, lo que repercute a lo largo de su desarrollo durante la ceba (Mota *et al.*, 2014).

Una alternativa a los problemas digestivos durante el destete es el uso de ácidos orgánicos. Los ácidos orgánicos son potenciadores efectivos del crecimiento durante todo el ciclo de producción de los cerdos, aunque existe una variación relativamente grande en las respuestas debido a diversos factores, como el tipo y la dosis de ácidos orgánicos utilizados, la duración de la suplementación, el tipo de dieta y la capacidad

amortiguadora, la higiene y estándares de bienestar, estado de salud y edad de los animales (Mroz *et al.*, 2006).

Estudios han demostrado que el ácido benzoico puede mejorar el rendimiento y la digestibilidad de los nutrientes (Torrallardona *et al.*, 2007), inhibir los microorganismos patógenos y mantener el equilibrio de la microflora (Diao *et al.*, 2014). Con base a lo mencionado anteriormente, se justifica la realización de un estudio donde se evalué el ácido benzoico, su efecto sobre el perfil hematológico y el desempeño productivo en lechones post-destete.

I. MARCO TEORICO

1.1 Problemática en el destete de cerdos:

En el destete, el lechón pasa de consumir leche materna a una dieta sólida basada en almidón y proteína vegetal, lo que obliga al sistema digestivo a pasar por un proceso de adaptación, ya que no está preparado para digerir correctamente estos nutrientes (Dirkzwager *et al.*, 2005). Este proceso de adaptación genera cambios morfológicos en el sistema digestivo que afectarán a su función, por lo que el animal tendrá dificultades para cubrir sus necesidades de energía y proteína, lo que dificultará su crecimiento (Le Dividich & Sève, 2000).

En destetes a 21 días, el lechón tiene un sistema enzimático aún inmaduro y una baja secreción de ácido clorhídrico que favorece la llegada de alimento sin digerir al intestino grueso, con la consiguiente aparición de diarreas y retrasos del crecimiento. La adición de ácidos al pienso reduce el pH, lo que favorece la proteólisis en el estómago a través de la activación de pepsinógeno y permite controlar el desarrollo bacteriano en el intestino, con la mejora de la digestibilidad de los nutrientes (Lázaro, 2001).

1.2 Principales afectaciones en lechones destetados:

La transición al destete es un período complejo durante el cual los lechones tienen que hacer frente a la separación abrupta de su madre, mezclándose con otras camadas en un entorno generalmente nuevo y pasando de un pienso sólido menos digerible a leche líquida altamente digerible. Cuando se reduce la dieta básica de leche líquida y la etapa en la que los lechones pasan a una dieta sólida de ración progresiva, la fisiología digestiva cambia donde se necesita la intervención de diferentes aditivos alimentarios para tener la máxima utilización de nutrientes (Suiryanrayna & Ramana, 2015).

Las alteraciones gastrointestinales durante las condiciones previas y posteriores al destete provocan grandes pérdidas económicas en la industria porcina (Pluske *et al.*, 1997).

Al momento del destete, al utilizar una dieta a base de soya y maíz se presentan problemas serios de bajada lenta e insuficiente del pH en el estómago, debido a la incapacidad de secretar ácido clorhídrico, y a la presencia de proteínas en la soya que tienen una capacidad amortiguadora, reduciendo la actividad lipolítica y proteolítica de las enzimas presentes en el tracto digestivo del animal (Johnston *et al.*, 1993).

El intestino está compuesto por un sistema complejo que tiene tres componentes principales: la barrera intestinal (formada por la mucosa), la microflora y el sistema inmunitario local (Roselli *et al.*, 2005). El intestino es responsable de digerir los alimentos, absorber los nutrientes y proteger contra las toxinas y los patógenos (Sun *et al.*, 2017).

En los sistemas intensivos de producción, las infecciones patógenas son responsables de la mayoría de los desafíos que impactan negativamente en la salud intestinal de los animales. La infección por *Escherichia coli* enterotoxigénico (ETEC) en la fase de destete es responsable de varios impactos a nivel mundial en la producción porcina (Sun & Kim, 2017). La acción de este patógeno culmina en la denominada Diarrea postdestete (DPD), un importante trastorno intestinal capaz de llevar a los lechones a la muerte.

La infección por ETEC induce diarrea durante la primera y segunda semana después del destete, provocando deshidratación y reduciendo el aumento de peso (Fairbrother *et al.*, 2007).

Los antibióticos como promotores de crecimiento se han utilizado durante muchas décadas para modular la readaptación de la microbiota gastrointestinal, que se produce en los lechones al destete (Collier *et al.*, 2003). Sin embargo, la prohibición de su uso en la Unión Europea motivó la investigación de nuevas alternativas como los ácidos orgánicos (Partanen, 2001).

Para superar la prohibición de antibióticos en Europa ha traído sobre la producción porcina, se ha recomendado el uso de diferentes alternativas, como ácidos orgánicos y aceites esenciales, como uno de los métodos efectivos para ayudar a mejorar el rendimiento y disminuir la incidencia de diarrea en cerdos (Vondruskova *et al.*, 2013).

Como el más simple de los ácidos carboxílicos aromáticos, el ácido benzoico tiene amplio espectro, propiedades antimicrobianas y forma cristales de incoloros a blancos, fue autorizado para su uso para la conservación de diversos alimentos y piensos de cerdos en crecimiento a la dosis de 0,5 a 1,0 % por la Unión Europea en 2003. (EFSA, 2007).

1.3 Ventajas del uso de ácidos orgánicos:

La ventaja es que los componentes de los ácidos orgánicos son metabolitos naturales de todos los animales vivos, esto significa que no pueden dejar residuos indeseables en la carne y por lo tanto, a diferencia de muchos antibióticos, no tienen periodo de retiro reglamentario (Patience & Thacker, 1989).

Los efectos más positivos del uso de ácidos orgánicos se han observado con destetes tempranos menores a 21 días y con dietas a base de proteínas vegetales o con elevado poder tampón (Lázaro, 2001). Los ácidos orgánicos pueden ser tanto bacteriostáticos como bactericidas y estas acciones dependen de los niveles de su inclusión. Estos ácidos se pueden usar de manera efectiva junto con otros aditivos para alimentos (Luckstadt & Mellor, 2010).

La utilización de ácidos orgánicos contribuye a la proliferación de las células epiteliales, aumentando la producción de mucina y modulando el desarrollo y colonización de la microflora intestinal (Quiles & Hevia, 2006). Los ácidos utilizados como aditivos en las dietas tienen un efecto benéfico en la digestión y utilización de alimentos por los no rumiantes, desfavoreciendo el crecimiento de organismos patógenos como *Salmonella* y *E. Coli*, y favoreciendo el crecimiento de otros como los *Lactobacillus acidophilus* y *Streptococcus faecium* (Adams, 1997).

Como consecuencia se cree que los efectos positivos de la suplementación con ácidos orgánicos ocurren directamente sobre la salud y el desarrollo intestinal, e indirectamente sobre la salud animal y consecuentemente sobre la productividad (De Lange et al., 2010).

1.4 Acción de los ácidos orgánicos:

Los ácidos orgánicos están ampliamente distribuidos en la naturaleza como constituyentes habituales de plantas y tejidos animales. En los cerdos se forman como resultado de la fermentación de los carbohidratos en el intestino grueso.

Algunas características de los ácidos orgánicos más utilizados en la nutrición de porcinos, Algunos de ellos se utilizan en forma de sales de sodio, potasio o calcio. En relación con los ácidos libres, las sales tienen la ventaja de ser generalmente inodoras y más fáciles de manejar en el proceso de fabricación del pienso, como consecuencia de su forma sólida y menos volátil. También son menos corrosivas. Las sales tienen además un menor efecto negativo sobre el consumo que algunos ácidos cuando se emplean dosis elevadas. Más que como acidificantes de la dieta, los ácidos orgánicos son conocidos como agentes conservantes (Roth, 2000).

Su acción antimicrobiana está relacionada en primer lugar con la reducción del pH de la dieta. Sin embargo, su efecto más importante se debe a la capacidad de la forma no disociada de difundirse libremente a través de la membrana celular de los microorganismos hacia su citoplasma. Dentro de la célula, el ácido se disocia y altera el equilibrio de pH, suprimiendo sistemas enzimáticos y de transporte de nutrientes (Lück, 1986).

Generalmente, los ácidos orgánicos de cadena corta como el ácido fórmico, propiónico y láctico presentan mayor actividad que los de mayor peso molecular a una dosis determinada, probablemente debido a que liberan más aniones por unidad de peso. Así, por ejemplo, es necesaria mayor dosis de cítrico que de fórmico para un mismo efecto. Los ácidos orgánicos actúan en mayor medida sobre bacterias Gram-negativas; las Gram-positivas tienen menor susceptibilidad a la acción de los ácidos dada la estructura de su membrana celular. Así, fórmico, propiónico y fumárico presentan un buen control de bacterias tales como *E. coli* y *Salmonella* en duodeno y yeyuno, pero menor contra *Lactobacillus* (Lázaro, 2001).

1.5 Efecto de los ácidos orgánicos sobre la inocuidad del alimento

Los ácidos orgánicos también se conocen como conservantes efectivos que protegen los alimentos almacenados contra el crecimiento indeseable de bacterias o hongos (Frank, 1994).

Su actividad frente a microorganismos se emplea tradicionalmente en la conservación de alimentos, pero hoy en día su papel en la nutrición animal ha alcanzado la misma importancia (Baltic et al., 2017).

Los ácidos orgánicos deben su éxito a un amplio espectro de aplicaciones, que se basan en propiedades antibacterianas, antivirales, antifúngicas y antimoho (Leyva et al., 2017).

El ácido benzoico es un ácido monocarboxílico que se utiliza como antibacteriano y conservante químico antifúngico en la industria alimentaria (número E: E210) (Mao et al, 2019).

El ácido benzoico y sus sales han sido utilizados durante muchos años como agentes conservadores por la industria alimenticia en humanos, en algunos países también como aditivo en ensilajes, debido principalmente a su gran eficacia contra varios hongos y levaduras (Kugle *et al.*, 2006).

1.6 Efecto de los ácidos orgánicos sobre el crecimiento bacteriano

En la actualidad, los ácidos orgánicos se están utilizando en la alimentación animal, segmento en el que han jugado un papel de gran importancia (Tugnoli *et al.*, 2020). Por su poder antimicrobiano, los ácidos orgánicos pueden inhibir el crecimiento de bacterias multirresistentes, actuando contra la formación de biopelículas (Goualié *et al.*, 2014).

Los ácidos orgánicos mejoran el rendimiento general al reducir la competencia microbiana con el cerdo por los nutrientes, al reducir el riesgo de infecciones subclínicas, al reducir la respuesta inmunitaria intestinal y al reducir la producción de compuestos bacterianos dañinos (Oh, 2004).

Según Cabrera et al. (2020) Los ácidos orgánicos tienen mayor poder antibacteriano en comparación con los antibióticos, ya que estos no pueden actuar sobre la biopelícula bacteriana.

Los acidificantes orgánicos pueden tener efectos antimicrobianos directos, específicamente sobre las bacterias dañinas sensibles al pH, como coliformes y clostridios, sin influir en el crecimiento de bacterias beneficiosas insensibles al pH como lactobacilos (Gautier, 2002).

1.7 Efecto de los ácidos orgánicos sobre el pH gástrico y activación de enzimas

Los investigadores han formulado la hipótesis de que agregar acidificantes a las dietas de los recién nacidos favorece el crecimiento de bacterias beneficiosas, con la consiguiente reducción de bacterias dañinas, al reducir el pH del estómago (Partanen & Mroz, 1999).

Según Luckstadt (2007), la principal acción de los ácidos orgánicos en las aves es principalmente antimicrobiana, mientras que, en los cerdos, una actividad clave es la reducción del pH del estómago. Los ácidos orgánicos pueden provocar una reducción del pH intestinal (Kim *et al.*, 2005), punto clave en particular para los animales jóvenes recién destetados. A esta edad, el tracto gastrointestinal no está completamente desarrollado y el pH del estómago tiende a ser alto, superior a 5, debido a una combinación de secreción endógena deficiente de HCl, falta de ácido láctico procedente de la fermentación de la lactosa e ingesta de largas comidas a intervalos poco frecuentes (Suiryanrayn & Ramana, 2015).

Los ácidos orgánicos reducen el pH gástrico, convirtiendo el pepsinógeno inactivo en pepsina activa, inhibiendo la proliferación de bacterias patógenas, actuando como fuente de energía en el tracto gastro intestinal, ayudando en la tasa de vaciado gástrico, y aumentando la secreción de enzimas endógenas (Ravidran & Kornegay, 1993).

Suiryanrayn & Ramana (2015) afirman que los ácidos orgánicos pueden estimular la secreción de enzimas pancreáticas, disminuir el pH gástrico, inhibir patógenos, actuar como una fuente de energía durante el metabolismo intermediario del tracto gastrointestinal, mejorar la utilización de minerales mediante el proceso de quelación, mejorar la digestibilidad aparente del tracto total y mejorar el rendimiento del crecimiento.

1.8 Efecto de los ácidos orgánicos sobre de pH urinario

Actualmente se ha mostrado la efectividad del ácido benzoico por los efectos antibacterianos o antifúngicos (Guggenbuhl et al., 2007). El ácido benzoico es eficaz en la disminución del pH urinario en los cerdos que se traduce en una reducción de las emisiones de amoníaco del estiércol semilíquido (Canh et al., 1998).

El ácido benzoico se metaboliza de la misma manera en cerdos destetados, en cerdos en crecimiento-finalización o en cerdos reproductores. Después de absorberse en el duodeno, el ácido benzoico se combina en el hígado con glicina, un aminoácido no esencial, produciendo así ácido hipúrico. Este último permite reducir el pH de la orina, con lo que se logra disminuir la emisión de amoníaco en las casetas. Debido a que la orina de los cerdos destetados es más ácida que la de los cerdos en crecimiento-finalización, el impacto de este beneficio es mayor para los últimos (Kluge *et al.*, 2006).

1.9 Efecto de sales orgánicas

La ventaja de las sales sobre los ácidos libres es que generalmente son inodoras y más fáciles de manejar en el proceso de fabricación de alimentos debido a su forma sólida y menos volátil. Además, las formas salinizadas son menos irritantes para los ojos y la piel y, en algunos casos, pueden ser más solubles en agua que los ácidos libres (Partanen & Mroz, 1999).

Luise *et al.* (2020) afirman que algunas de las ventajas de estas sales son sus características de manipulación mejoradas y su mejor palatabilidad para el ganado, se ha descubierto que los formiatos son un método más fácil de usar para aplicar ácido fórmico a los piensos y al agua, sin comprometer su eficiencia.

1.10 Beneficios de la utilización del ácido benzoico en la dieta de lechones

Pérez et al. (2013) indican que el ácido benzoico es un recurso efectivo para proteger el crecimiento de los lechones al destete y reducir la variación en el peso vivo de los cerdos al final de la engorda. Además de representar una alternativa al uso de antibióticos. Por lo tanto, sostienen que el ácido benzoico previene las emisiones de amoníaco y se justifican económicamente por la reducción en el gasto de agua.

Otros estudios in vitro han demostrado que, de varios ácidos orgánicos probados, el ácido benzoico tuvo el efecto antimicrobiano más fuerte sobre *Escherichia coli* y *salmonella*, entre otros patógenos (Knarreborg *et al.*, 2002; Friedman *et al.*, 2003). El ácido benzoico no impidió la germinación de especies de *Bacillus*, y además tuvo una interacción positiva entre con las especies de *Bacillus* en la captura del amoníaco; los efectos fueron aditivos.

Está probado que la inclusión de ácido benzoico en los concentrados de porcinos ayuda a mejorar la sostenibilidad económica y medioambiental de la explotación, al reducir la emisión de amoniaco y mantener el equilibrio de las bacterias intestinales y mejorar los rendimientos zootécnicos. El valor profiláctico del ácido benzoico no está en el poder de acidificación de la ingesta (Mroz *et al.*, 2000) y parece residir en una lenta absorción a nivel intestinal (Kristensen *et al.*, 2009) con su posterior transformación metabólica, donde el hígado lo conjuga con glicina para producir ácido hipúrico, que se excreta cuantitativamente en la orina (Kristensen *et al.*, 2009). Por lo que, el ácido benzoico puede modificar la microbiota intestinal (Guggenbuhl *et al.*, 2007) y actuar efectivamente para el control clínico de patógenos entéricos (Martínez *et al.*, 2007).

1.11 Comportamiento productivo de cerdos suplementados con ácido benzoico en lechones destetados.

Un estudio realizado por Kiare *et al.* (2018) compararon los efectos del ácido benzoico con antibióticos, y no observaron diferencia entre tratamientos evaluando el comportamiento productivo de los lechones. En este estudio, se concluyó que el ácido benzoico pudo conferir el mismo desempeño en relación a los animales que recibieron antibióticos, actuando como promotor del crecimiento en el contexto experimental. Además del comportamiento productivo de los lechones, algunos autores han reportado la influencia de la suplementación con ácidos orgánicos sobre el índice fecal y la incidencia de diarreas en cerdos en fase de destete.

Se ha demostrado que el ácido benzoico beneficioso para el crecimiento, la digestibilidad de los nutrientes y los índices de salud intestinal en lechones (Guggenbuhl *et al.*, 2007).

1.12 Indicadores hematológicos en el desempeño de los lechones

El cerdo es una especie de importancia mundial dedicada a la producción de carne, y a la investigación (Marcant-Forde & Herskin, 2018). Sus parámetros hematológicos están influenciados por una amplia gama de factores ambientales y fisiológicos que incluyen la dieta, la edad, el género y hábitad (Friendship *et al.*, 1984).

Seleccionar animales con genotipos mejorados de eficiencia alimenticia es una forma de reducir los costos del productor asociados con el alimento. Sin embargo, los métodos para identificar animales eficientes en el consumo de alimento requieren mediciones individuales del consumo de alimento, lo que requiere mucho tiempo y el equipo para estas mediciones puede ser caro. Así también, los fenotipos de eficiencia alimenticia requieren la integración de múltiples puntos de datos de consumo de alimento y ganancia de peso corporal para cada animal. Una medida indirecta que represente un indicador de la eficiencia alimenticia que sea económica, fácil de medir y fácil de recopilar podría aliviar estos problemas, de igual manera existe otra posibilidad de conocer el estado clínico del animal y su desempeño mediante un análisis hematológico (Lindholm *et al.*, 2021).

Por lo cual, Lindholm *et al.* (2021) Señalan que una muestra de sangre completa es relativamente fácil de obtener y, en algunos entornos, se recolecta de forma rutinaria. Estas muestras son económicas y pueden analizarse en un instrumento interno, como el Element HT5 (Heska, Loveland, CO) o transportarse a un laboratorio comercial para análisis de hematología veterinaria, que es un ensayo de rutina.

Algunos estudios donde han evaluado el uso de parámetros sanguíneos para asociarlos con rasgos de eficiencia alimenticia (Foote *et al.*, 2016; Crane *et al.*, 2016; Consolo *et al.*, 2018). La estandarización de los parámetros hematológicos contribuye a la identificación del estado clínico de una población o un individuo (Schettini *et al.*, 2005).

Los genes involucrados en la función inmunológica se han asociado con la eficiencia de la alimentación del ganado en los tejidos, incluido el tejido adiposo, el rumen y el intestino delgado.

Es probable que exista comunicación entre las células circulantes y estos tejidos, lo que hace posible identificar diferencias en las poblaciones y recuentos de glóbulos blancos (Mairbäurl, 2013).

Hay tres tipos de las células que se evalúan en el hemograma (Briggs, 2009). Los glóbulos rojos o eritrocitos, los glóbulos blancos o leucocitos, y los trombocitos o plaquetas que son estructuras producidas en la medula ósea mediante el proceso de fragmentación citoplasmática y que juegan un papel muy importante en la homeostasis (Schmidt *et al.*, 2009). Además, el plasma (la parte no-celular de sangre) es examinado para determinar color, proteína, y la presencia de parásitos (Karita *et al.*, 2009).

El peso de la cantidad de hemoglobina que en promedio tiene un eritrocito, se determina dividiendo la hemoglobina por el recuento de eritrocitos y multiplicándolo por 10, expresado en picogramos (Das *et al.*, 2008). La concentración de hemoglobina por unidad de volumen de eritrocitos, se determina dividiendo el valor de la hemoglobina por el hematocrito y multiplicándolo por 100, se expresa en gramos por decilitros, e indica si el contenido de hemoglobina es reducido (hipocrómico) o normal (normocrómico) ya que es imposible tener una elevación verdadera de hemoglobina (Perpiñán *et al.*, 2008).

La serie roja proporciona el valor del hematocrito, es decir, el porcentaje de eritrocitos en la sangre, así como la concentración de hemoglobina expresada en g/dl. Además, aporta el recuento total de eritrocitos, es decir, la cantidad total de eritrocitos circulantes por microlitro de sangre (Christensen *et al.*, 2009). Al evaluar el hemograma se toma en cuenta tres tipos de células: eritrocitos, leucocitos y trombocitos, las cuales son producidas en la medula ósea por el proceso de fragmentación citoplasmática y que desempeñan la homeostasis (Gutiérrez & Corredor, 2017).

La serie blanca, nos muestra el recuento total de leucocitos y el recuento diferencial de leucocitos (Harvey *et al.*, 2008).

Existen cinco leucocitos básicos en todas las especies: neutrófilos (mamíferos) o heterófilos (no mamíferos), eosinófilos, basófilos, linfocitos y monocitos (Clark & Coffer, 2008).

En los no mamíferos puede ser difícil ocasionalmente distinguir entre los heterófilos y los eosinófilos. Además, los linfocitos pueden ser confundidos con los trombocitos. Sin embargo, al hacer el examen de la prueba de sangre periférica reducirá al mínimo esta confusión (Pilny, 2008).

Los análisis de la sangre han llegado a ser clínicamente importantes por varias razones. La sangre es el tejido más fácil de muestrear sin lesionar al animal, una serie de muestras nos proporciona un cuadro dinámico de los cambios fisiológicos y patológicos en secuencia durante el periodo de muestreo (Medway, 1990).

1.13 Sangre

Urroz (1991) define que la sangre es un líquido viscoso, formado por componentes celulares o de los cuales se encuentran suspendidos en un medio coloidal denominado plasma. Es opaca debido al gran número de células que se encuentran en ella y de color rojo por la hemoglobina contenida en los glóbulos rojos (eritrocitos).

Composición de la sangre

1.14 Plasma

El plasma es el componente líquido de la sangre. Contiene sales y moléculas orgánicas como: aminoácidos, lípidos, vitaminas, proteínas y hormonas. En ausencia de anticoagulantes, los elementos celulares de la sangre constituyen, junto a las proteínas plasmáticas (principalmente fibrinógeno), un coagulo en el tubo de ensayo (Kierszenbaum & Tres, 2016).

1.15 Hemograma

Es un perfil de pruebas realizado sobre la sangre y el plasma. Los estudios empleados para describir la cantidad y la calidad de los elementos celulares en la sangre y en el plasma, varía según el laboratorio. El hemograma ofrece la estimación del número de hematíes (eritrocitos, leucocitos, plaquetas).

El número de hematíes se estima mediante recuentos, valoración del contenido de hemoglobina, hematocrito y proteínas totales (Medway *et al.*, 1990).

Los hemogramas reúnen las mediciones en los valores absolutos, porcentajes y agrega el aspecto morfológico de las tres líneas celulares: leucocitos, eritrocitos y plaquetas de la sangre periférica (González *et al.*, 2011).

Dichos estudios sanguíneos reflejan condiciones fisiológicas y características ecológicas distintivas de cada especie animal (Rahman, 2016). Las cuales necesitan intervalos de referencia específicos para una interpretación apropiada de los resultados obtenidos a partir de muestras sanguíneas (Mariella *et al.*, 2014).

1.16 Interpretación de hemogramas

Para poder interpretar los valores del hemograma, debemos conocer las variaciones fisiológicas por la edad, gestación, tipo de actividad, raza y sexo. Conocer el origen y función de los componentes celulares de la sangre. Dominar la terminología, reconocer las alteraciones hematológicas y detectarlas en los hemogramas como ser: anisocitosis, policromacia, corpúsculos de howell jolly, leucocitosis, leucopenia, anemia, policitemia, desviación a la izquierda, y entre otros. Relacionar las alteraciones con enfermedades o estados patológicos (Navia & Guzmán, 2017).

1.17 Glóbulos rojos o Eritrocitos (RBC)

Son los elementos más abundantes y los que proporcionan a la sangre el color rojo por la hemoglobina que contiene. Son muy pequeños, miden entre 6 y 8 micras y su forma es de una lente bicóncava, es decir que se encuentra deprimida en su centro por ambos lados. La función de los glóbulos rojos es transportar oxígeno, que recogen de los pulmones a todas las células del cuerpo. Son muy elásticos y se deforman fácilmente cuando pasan por capilares estrechos. Están constituidos por un pigmento, que contiene hierro (Gutiérrez, 2004).

Los glóbulos rojos son responsables de transportar oxígeno a los tejidos, y la hemoglobina participa en la capacidad amortiguadora de la sangre y contribuye a la vasodilatación y mejora el flujo sanguíneo al músculo en funcionamiento (Mairbäurl, 2013).

Por otro lado, Lindholm *et al.* (2021) cometen que la función de los glóbulos rojos es transportar oxígeno a las células del cuerpo y dióxido de carbono a los pulmones.

1.18 Hemoglobina (HGB)

Esta es una sustancia por la cual los eritrocitos transportan el oxígeno a los tejidos (Navia & Guzmán, 2017).

La hemoglobina es la proteína transportadora de oxígeno que contiene hierro en los glóbulos rojos y tiene una alta capacidad de unión al oxígeno. La hemoglobina transporta el oxígeno de los pulmones a los tejidos del cuerpo y el dióxido de carbono de los tejidos a los pulmones, Una mayor cantidad de glóbulos rojos y un aumento de la hemoglobina pueden proporcionar más oxígeno a los tejidos para satisfacer las demandas metabólicas más altas de los animales con mayor ganancia y mayor consumo de alimento (Lindholm *et al.*, 2021).

1.19 Hematocrito (HCT)

Es el parámetro que mide en porcentaje todos los elementos celulares de la sangre tales como leucocitos, plaquetas y hematíes (Sodikoff, 1996).

1.20 Glóbulos blancos o Leucocitos (WBC)

Los leucocitos son los responsables del reconocimiento, la respuesta y la eliminación del organismo, de material extraño, y de células o tejidos deteriorados o muertos. Son las células de mayor número apetecido tanto en el mecanismo de la inflamación, como en el de la respuesta inmunitaria (Juste & Carretón, 2015).

Navia & Guzmán (2017), comenta que los leucocitos son células sanguíneas de la serie blanca: neutrófilos, eosinófilos, basófilos, linfocitos y monocitos. Participan en la defensa del organismo frente a diferentes agentes infecciosos (bacterias, virus, hongos y otros), se dividen por su granulación.

II. MARCO METODOLÓGICO

Un total de 24 cerdos (♀ Landrace x Yorkshire X ♂ Pietrain) con una edad promedio de 21 ± 2 días y un peso promedio de 13.73 libras, fueron utilizados para evaluar el efecto de la suplementación del ácido benzoico (AO) sobre el desempeño productivo, perfil hematológico e incidencia de diarrea en cerdos durante la etapa de inicio.

2.1 Ubicación:

El estudio fue realizado en el Centro de Investigación Agropecuario de Chiriquí (CEIACHI), Facultad de Ciencias Agropecuarias, ubicada en el corregimiento de Chiriquí, distrito de David, provincia de Chiriquí, localizada en las coordenadas $8^{\circ}24'0''$ Norte, $82^{\circ}19'0.12''$ Oeste.

Los corrales fueron asignados, a 2 tratamientos con 3 repeticiones por tratamiento y 4 cerdos por repetición.

Los tratamientos para cada fase fueron: TC) formulado para suplir los requerimientos nutricionales establecidos por la NRC, (2012); AO similar a TC más la adición de 0.50 % de ácido benzoico (VevoVital®). Los tratamientos descritos fueron aplicados en una sola fase (28 días). Los cerdos utilizados fueron tratados con los mismos protocolos de sanidad y manejo.

Los animales fueron pesados al inicio del estudio y al final de la fase experimental (día 28). Ambos pesos fueron utilizados para determinar la ganancia de peso total (GPT).

Además, se registró el consumo de alimento durante toda la fase (CAT). Los resultados de GPT y CAT fueron utilizados para determinar la conversión alimenticia (CA).

Tabla 1. Composición porcentual de las dietas experimentales.

Ingredientes	Fase (día 1-28)	
	TC	AO
Maíz	50.85	50.25
Soya	35.96	36.06
Pul. de Arroz	2.44	2.44
Melaza	2.45	2.45
Aceite de Palma	4.83	4.83
Sal	0.2	0.2
Fosfato M-diCa	1.49	1.49
CaCO ₃	0.98	0.98
Premix Vit-Min	0.28	0.28
Acido orgánico	0	0.50
L- Lisina	0.27	0.27
DL-Metionina	0.09	0.09
L-Treonina	0.01	0.01
Myco-AD A-Z	0.15	0.15
Total	100	100
Contenido Nutricional		
MS	87	87.1
EM (Kcal/Kg)	3400.47	3383.68
PC, %	21.00	21.07
Ca, %	0.79	0.79
P disp, %	0.65	0.65
L- Lisina, %	1.35	1.35
DL-Metionina, %	0.39	0.39
L- Treonina, %	0.79	0.79
FDN, %	8.76	8.72
FDA, %	3.15	3.14

Se tomaron muestras de sangre al inicio del experimento y en los días 5, 17 y 28 del estudio para determinar el perfil leucocitario y niveles de hemoglobina de los cerdos. Se seleccionó un cerdo con el peso más cerca al promedio del peso de todos los cerdos de cada repetición, y la colección de sangre será tomada vía yugular y almacenada en un tubo de 2 ml K2-EDTA (BD Vacutainer, Becton, Dickinson and Company, Franklin Lakes, NJ).

Dichas muestras de sangre serán procesadas en un periodo de 1 a 2 horas luego de la colecta a través de un sistema de análisis hematológico (Mindray, BC-2800Vet, China).

Tabla 2. Contenido nutricional determinado de las dietas experimentales.

Contenido Nutricional	Fase (día 1-28)	
	TC	AO
MS %	88.3	88.3
EM Mcal/Kg	3.1019	3.1055
PC %	20.75	20.83
FDN %	10.4	9.86
FDA %	3.82	3.69
EE %	6.17	6.79
CZ %	7.16	7.47
LAD %	0.75	0.87
FC %	3.37	3.81
TS %	38.5	31.7
HC %	6.58	6.17
CL %	3.07	2.82
DMS %	85.9	86.0

TC: Tratamiento control; AO: ácido orgánico; MS: materia seca; EM: energía metabolizable; PC: proteína; FDN: fibra detergente neutra; FDA: fibra detergente ácida; EE: extracto etereo grasa; CZ: cenizas; LAD: lignina ácido detergente; FC: fibra cruda; TS: almidón total; HC: hemicelulosa; CL: celulosa; DMS: digestibilidad de la materia seca.

La muestra fue pre-secada en horno de convección mecánica a 60°C por 72 horas (Yamato DKN810, New York, USA). Posteriormente fue molida a 1 mm (Restsch GmbH & Co., Alemania). La materia seca (MS) fue realizada en horno a 105°C por 24 horas (40GC Lab. Oven; Quincy Lab. Inc.; IL, USA) y representa el estado del material recibido en el laboratorio. Cenizas (CZ) fue determinada a 600°C por 3 horas (Thermolyne, Thermo Scientific, NC, USA). Los análisis de fibra neutro detergente (FDN) y la fibra ácido detergente (FAD) fueron realizados en equipo de ANKOM Tech. (Ankom Technology, NY, USA), basados en Goering y Van Soest (1970), tabla 2.

Lignina ácido detergente (LAD) fue determinada según método 8 de ANKOM Tech. Celulosa (CL) y hemicelulosa (HC) fueron determinados por diferenciación de FDN, FDA y LAD. Extracto Etereo (EE) fue determinado en equipo de extracción etérea XT10 (ANKOM Technology, NY,US). Digestibilidad de la materia seca (DMS) y energía metabolizable (Mcal/kg) fueron estimados según Holland et al. (1990). Nota: Estos resultados están sujetos a la técnica de muestreo, homogenización de muestra, traslado y conservación de la muestra previos al ingreso al laboratorio. ND = no detectado, NA = no analizado. Observación: Resultados expresados en base seca.

Todos los datos se ingresaron en una hoja de cálculo de Microsoft Excel 2021 para su procesamiento. Los datos fueron analizados mediante PROC ANOVA de (SAS, 9.4), con los corrales como unidad experimental. Las medidas fueron contrastadas con el análisis de TURKEY, y los resultados fueron expresados como Media \pm SEM.

III.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para el peso inicial, peso final, GPT, CAT y CA ($p > 0.05$, Tabla 3). Sin embargo, numéricamente, la CA fue menor en los cerdos alimentados con AO.

Tabla 3.Efecto de la suplementación del ácido benzoico sobre el desempeño de los lechones.

Variabes, lbs	TC	AO	Valor p
Peso Inicial	13.67 \pm 1.13	13.80 \pm 1.23	0.940
Peso final	23.08 \pm 2.53	23.40 \pm 1.54	0.920
GPT (d 1-28)	9.42 \pm 1.54	9.60 \pm 1.68	0.940
CAT (d 1-28)	31.10 \pm 2.18	26.93 \pm 4.40	0.444
CA (d 1-28)	3.48 \pm 0.56	2.86 \pm 0.36	0.402

GPT: Ganancia de peso total; CAT: conversión alimenticia total; CA: conversión alimenticia; TC: tratamiento control; AO: tratamiento con ácido orgánico (ácido benzoico).

Según Halas *et al.* (2010), la alimentación de cerdos destetados con dietas con 0.5 % de ácido benzoico mejoró significativamente la ganancia diaria promedio (14,7 %) y el consumo de alimento (10,8 %) en la primera o segunda semana del experimento. Contrariamente, el estudio realizado en Kansas por Nemechek *et al.* (2013) donde evaluaron el desempeño de los lechones con el uso del ácido benzoico, no mostró diferencias significativas en la inclusión de acidificantes en las dietas sobre el rendimiento del crecimiento, solo se encontraron diferencias numéricas en cuanto a la ganancia media de peso y conversión alimenticia.

En cuanto a la CAT, los cerdos alimentados con AO mostraron una mejor conversión alimenticia con 0.62 unidades de diferencial en los resultados. Así mismo, Torrallardona *et al.* (2007) y Guggenbuhl *et al.* (2007) informaron mejoras significativas en la eficiencia alimenticia al agregar 5 g/kg de ácido benzoico al alimento durante la primera y segunda semana del experimento y durante todo el período experimental. Kluge *et al.* (2006) también observaron mejoras similares al agregar ácido benzoico con una tendencia hacia respuestas positivas dependientes de la dosis.

Diversos estudios han demostrado que los acidificantes sinergizan la actividad de las enzimas gástricas (Hansen *et al.*, 2007; Kil *et al.*, 2011), deteniendo el crecimiento excesivo de bacterias dañinas en el tracto gastro intestinal (Castro, 2005; Lu *et al.*, 2008). Mejoras numéricas en la conversión alimenticias pueden deberse a que el ácido benzoico fisiológicamente reduce el pH gástrico y mejora la digestibilidad de las proteínas. Aunado a esto, controla las bacterias patógenas por su alto efecto microbiano, a todo esto, puede ayudar mejorar la salud en los lechones.

En cuanto a las variables hematológicas, no hubo diferencias entre tratamientos en la concentración de células rojas de la sangre (RBC), concentración de hemoglobina (HGB), porcentaje de hematocrito (HCT) y concentración de células blancas de la sangre (WBC) ($p > 0.05$, Tabla 4).

Tabla 4. Efecto de la suplementación de ácido benzoico sobre el perfil hematológico.

Variabes	TC	AO	Valor p
RBC, $\times 10^6 / \mu\text{L}$	7.03 ± 0.34	6.78 ± 0.29	0.602
HGB, g/dL	9.62 ± 0.77	9.65 ± 0.44	0.971
HCT, %	33.33 ± 1.79	33.90 ± 1.46	0.811
WBC, $\times 10^3 / \mu\text{L}$	13.10 ± 1.54	14.87 ± 2.73	0.586

RBC: Células rojas de la sangre; HGB: hemoglobina; HCT: hematocrito; WBC: Células blancas de la sangre; TC: tratamiento control; AO: tratamiento ácido orgánico (ácido benzoico).

Un estudio realizado por Bottoms (2019), quien evaluó la inclusión dietética del ácido benzoico y ácido sórbico, mostró que dicha mezcla de ácidos orgánicos influyó sobre el perfil hematológico de los mismos, obteniendo valores similares de RBC, para el tratamiento control ($7.14 \text{ M}/\mu\text{L}$), para el tratamiento de ácido benzoico ($6.64 \text{ M}/\mu\text{L}$) en comparación a nuestro estudio no hubo diferencias significativas respecto a RBC, sin embargo, los valores encontrados se encuentran dentro de los niveles de referencia. Por otra parte, en un estudio realizado por Swenson *et al.* (1955), se obtuvieron valores de $5.02 \text{ M}/\mu\text{L}$ para RBC, en lechones recién nacidos, comenta que cuando se reduce la calidad de alimento y cantidad a la cerda, la leche

secretada también disminuye, provocando estrés en los lechones, ya que no satisface la demanda de los mismos, repercutiendo directamente en el perfil sanguíneo, como consecuencia a esto desarrollan un menor volumen de células rojas en sangre, afectando su crecimiento y desarrollo posteriormente. Los valores de referencia para RBC son 5 – 9.5 M/ μ L.

En cuanto a los valores de HGB, un estudio realizado por Mudarra (2020), donde evaluó el efecto de un péptido bioactivo solo o en combinación óxido de zinc y acidificantes, encontró respuestas a HGB fueron similares, para el tratamiento control (7.79 g/dL) y ácido benzoico + 0.5 % de ácido sórbico (8.32 g/dL). Aunado a esto, los lechones de nuestro estudio mostraron mejores niveles de hemoglobina, en comparación a los estudios realizados por Mudarra (2020). Los valores de referencia para HGB son 9.9 – 16.5 g/dL.

Respecto a los valores de HCT investigado por Kristensen *et al.* (2009) en donde evaluaron el efecto el ácido benzoico sobre el desempeño de cerdas de la raza duroc, sus valores resultaron numéricamente inferiores a los nuestros, ya que obtuvo en el tratamiento control (28.53 %), ácido benzoico (28.55 %). En resumen, nuestros valores para HCT estaban dentro del valor normal. Los valores de referencia para HCT son 32 – 50 %.

Un estudio realizado por Shu *et al.* (2016) donde evaluaron diferentes porcentajes de inclusión de ácido benzoico en dietas para cerdos destetados los valores obtenidos para WBC tratamiento control (14.74 M/ μ L) y tratamiento ácido benzoico 0.5% (15.72 M/ μ L). En conclusión, nuestros valores para WBC se encontraban dentro del valor normal.

Gordon-Smith (2009) comenta que los valores de concentración de WBC se utilizan comúnmente para estimar el riesgo de infección bacteriana, y un aumento en los leucocitos indica la presencia de inflamación sistémica. Por otra parte, un reciente estudio realizado por Resende *et al.* (2020), donde compararon diferentes tratamientos de ácido benzoico junto aceites esenciales, comentan que no se mostró una reducción para valores de WBC. En resumen, según nuestros resultados y las investigaciones realizadas por Shu *et al.* (2016) y Resende *et al.* (2020), el ácido benzoico causa un aumento para WBC, activando dichas células

leucocitarias para crear autoinmunidad como mecanismo de defensa. Los valores de referencia para WBC son 11 – 22 M/ μ L.

En cuanto a las variables hematológicas según los días de muestreo (Tabla 5), se encontró una tendencia diferir en la concentración de HGB, aumentando su nivel a medida que avanzaba la edad de los cerdos ($p < 0.10$). Adicionalmente, hubo una diferencia significativa en la concentración de WBC, con un aumento hasta el día 17, y posteriormente reduciéndose al día 28.

Tabla 5. Variables hematológicas según los días de muestreo.

Variables	Días			Valor <i>p</i>
	5	17	28	
RBC, x 10 ⁶ / μ L	6.83 \pm 0.15	7.46 \pm 0.50	6.43 \pm 0.26	0.144
HGB, g/dL	8.67 \pm 0.76	9.37 \pm 0.46	10.85 \pm 0.61	0.090
HCT, %	33.52 \pm 2.67	31.7 \pm 0.43	35.62 \pm 1.89	0.385
WBC, x 10 ³ / μ L	8.47 \pm 0.63	19.35 \pm 1.86	14.12 \pm 1.37	0.001

RBC: Células rojas de la sangre; HGB: hemoglobina; HCT: hematocrito; WBC: Células blancas de la sangre.

De acuerdo al estudio realizado por Bottoms (2019), en cuanto valores de RBC según los días de muestreo, día 0 (5.34 μ L), día 21 (8.17 μ L) y en el día 40 (6.97 μ L). Sus resultados fueron similares a nuestro estudio, y estaba dentro de lo normal.

En cuanto a los valores de HGB por Bottoms (2019), día 0 (4.26 g/dL), día 21 (9.41 g/dL) y en el día 40 (8.76 g/dL), se observa misma tendencia creciente para HGB en nuestro estudio.

Las necesidades de hierro de los lechones en crecimiento son elevadas, ya que aumentan su peso corporal 15 veces desde el nacimiento hasta el final del segundo mes. Además, a mayor tamaño de camada, mayor es la reducción del contenido de hierro en la leche hacia el final de la lactación. Por lo tanto, es de esperar que cerdas alimentando camadas más numerosas tengan un bajo contenido de hierro, llegando en algunos casos a evidenciarse anemia en cerdas adultas (Straw *et al.*, 2000; Muniz *et al.*, 2005).

Los niveles bajos de HGB durante el destete pudieron deberse a una deficiencia de hierro en la leche de la cerda. Al destete, cuando se le aplicó el shock de hierro los lechones aumentaron la concentración de HGB y así también el número de sus células sanguíneas, los mismos crecían y ganaban peso.

Los resultados de HCT descritos por Bottoms (2019), para el día 0 de su estudio, comparados a los nuestros, se encuentran diferencia numérica inferior de (12.73 %), Por otro lado, sus resultados del día 21 (35.60 %) y el día 40 (32.76 %) fueron similares a los nuestros. Lo que quiere decir, que los lechones del estudio de (Bottoms, 2019) se encontraban por debajo del rango normal de referencia, al inicio del estudio por lo que quizás estaba en un cuadro anémico debido a los cambios de dieta y el bajo consumo de alimento comúnmente ocurre el momento del destete, lo que conlleva a un bajo suministro de hierro dietético. Los niveles de hematocritos están estrechamente relacionados con la concentración de hemoglobina.

Los resultados de WBC investigados por Bottoms (2019), fueron día 0 (7.6 μ L), día 21 (16.27 μ L) y el día 40 (13.21 μ L), comparándolo con nuestro estudio se obtuvieron resultados similares. Cabe destacar tuvo una tendencia de aumento en el día 21 posdestete y el notable descenso en el día 40, con un diferencial de (3.06 μ L). Aunado a esto, en nuestra investigación se observa el mismo comportamiento en un aumento en el día 17 y un descenso en el día 28, con un diferencial de (5.23 μ L). Estas tendencias a partir de la segunda semana posterior al destete son comunes, estudios afirman que el 50 % de los lechones destetados consumen su primera comida dentro de las 24 h posteriores al destete, y el 10 % no ha comido hasta más de 48 h (Brooks et al., 2001). En la segunda semana postdestete se presenta una inflamación como respuesta inicial del organismo ante estímulos mecánicos, químicos o microbianos, mediante un control humoral y celular (García et al., 2000). Este proceso inflamatorio se da mediante el paso de proteínas plasmáticas y leucocitos de la sangre a los tejidos, siendo regulado por sustancias secretadas principalmente por mastocitos, basófilos, plaquetas, células fagocíticas y endoteliales (Gloria & Vega, 2008). En conclusión, una vez se dé la activación del sistema inmune de los lechones y estos lo desarrollen, las células WBC vuelven a la normalidad.

Los lechones al ser destetados, sufren un cambio abrupto alimenticio, pasan de una dieta líquida como la leche de la madre, a una dieta sólida como el concentrado. La leche de la cerda es un alimento más inocuo y saludable, por el contrario, el concentrado y separación de su madre, les afecta ya que están expuestos a un ambiente y un alimento más contaminado, provocando estrés oxidativo intestinal (Wang *et al.*, 2008; Wei *et al.*, 2017; Zhu *et al.*, 2012). Una vez transcurre el pico Leucocitario en donde, el lechón ha adquirido sus propias defensas y su sistema inmunológico se encuentra desarrollado, se observa como disminuyen los valores, como lo reportado en la tabla 5.

IV. CONCLUSIONES

- ❖ La suplementación con ácido benzoico en lechones no mostró efecto marcado en el desempeño de los lechones, sin embargo, los lechones que fueron suplementados con la dieta de ácido benzoico mostraron un consumo de alimento más óptimo en comparación a los del tratamiento control.
- ❖ La suplementación con ácido benzoico no infirió directamente con el perfil hematológico de los cerdos.

V. RECOMENDACIONES

Es necesario realizar futuras investigaciones respecto a distintos tipos de ácidos orgánicos en lechones destetados, para determinar un buen desarrollo, crecimiento y mejora el perfil hematológico de los animales en su periodo posterior al destete. Aunado a esto, sería recomendable realizar futuros estudios sobre el ácido benzoico con mayores números de unidades experimentales.

También aconsejo unificar la cantidad de lechones, que sean de la misma línea genética, logrando mayor uniformidad. Recomiendo buscar alternativas para aumentar el sistema inmune de los lechones y su adaptación después del destete, distintos tipos de alimentos, ácidos orgánicos y técnicas más rentables.

Recomiendo aplicar hierro al inicio y final de la lactancia, para así mejorar su perfil sanguíneo y no se afecten en la etapa de transición posdestete.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, C. (1997). Más usos de los acidificantes. *Industria Porcina*, 17(4): 17-18.
- Baltic, B., Starčević, M., Djordjevic, J., Mrdovic, B. & Marković, R. (2017). Importancia de los ácidos grasos de cadena media en la nutrición animal. *Ciencias ambientales y de la tierra*, 85, 12048–12054.
- Bosi, P., Sarli, G., Casini, L., De Filippi, S., Trevisi, P., Mazzoni, M. & Merialdi, G., (2007). La influencia de la protección grasa del formiato de calcio en el crecimiento y la defensa intestinal en cerdos destetados desafiados por *Escherichia coli* K88. *Anim. Feed Sci. Technol*, 139, 170–185. doi:10.1016/j.anifeedsci.2006.12.006
- Bottoms, A. (2019). Establishing an Ideal Inclusion Rate of Fermented Soybean Meal and Sodium Butyrate on Growth Performance, Complete Blood Cell Count, and Nutrient Utilization in Nursery Pigs [Masters Theses, University of Arkansas]. Graduate Theses and Dissertations UARK. <https://scholarworks.uark.edu/etd/3538>.
- Briggs C. (2009). Quality counts: new parameters in blood cell counting. *Int J Lab Hematol*, 31(3), 277-297.
- Brooks, P. H., Moran, C. A., Beal, J. D., Demeckova, V., Campbell, A., Varley, M. A., & Wiseman, J. (2001). The weaner pig: Nutrition and management. *The weaner pig: Nutrition and management*. CAB International.
- Buddington, R., Sangild, P., Hance, B., Huang, E. & Black, D. (2012). Prenatal gastrointestinal development in the pig and responses to preterm birth. *J Anim Sci*, 90(4), 290–298.
- Cabrera, M., Adretta, I., Miranda, A. & Hauschild, L. (2022). Uso de ácidos orgânicos na nutrição de suínos nas fases de creche, crescimento e terminaçã. *Editora Científica Digital*. 3, 219-231.
- Canh, T., Aarnink, A., Mroz, Z., Jongbloed, A., Schrama, J. & Verstegen, M.(1998). Influencia del balance de electrolitos y las sales de calcio acidificantes en la dieta de cerdos en crecimiento y finalización sobre el pH urinario, el pH del purín y la volatilización de amoníaco del purín. *ScienceDirect*. 56, 1–13.

- Castillo, W. & Alves, M. (2007). Feed piglets early weaned and effects on subsequent performance to finished. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 15, 145-154.
- Castro, M. 2005. Use of additives on the feeding of monogastric animals. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 39, 439–445.
- Christensen, R., Henry, E., Jopling, J. & Wiedmeier, S. (2009). The CBC: reference ranges for neonates. *Semin Perinatol.* 33(1), 3-11.
- Clark, S. & Coffey, N. (2008). Normal hematology and hematologic disorders in potbellied pigs. *Vet Clin North Am Exot Anim Pract*, 11(3), 569-582.
- Collier, C., Smiricky-Tjardes, M., Albin, D., Wubben, J., Gabert, V, Deplancke, B., Bane, D., Anderson, D. & Gaskins, H. (2003). Molecular ecological analysis of porcine ileal microbiota responses to antimicrobial growth promoters. *J. Anim. Sci*, 81, 3035–3045.
- Crane, M., Munro, J., Bourgon, S. & Montanholi, Y. (2016). Blood profiling to indirectly assess feed efficiency in grass-fed beef heifers. *Ontario Ministry of Agriculture*, 15(49), 1-5. doi:10.13140/RG.2.1.4136.6647
- Das, B., Bhanushali, A., Khadapkar, R., Jeswani, K., Bhavsar, M. & Dasgupta, A. (2008). Reference ranges for lymphocyte subsets in adults from western India: influence of sex, age and method of enumeration. *Indian J Med Sci*, 62(10), 397-406.
- De Lange, C., Pluske, J., Gong, J. & Nyachoti, C. (2010). Strategic use of feed ingredients and feed additives to stimulate gut health and development in young pigs. *Livestock Science*, 134, 124-134.
- Diao, H., Zheng, P., Yu, B., He, J., Mao, X., Yu, J. & Chen D. (2014). Effects of dietary supplementation with benzoic acid on intestinal morphological structure and microflora in weaned piglets. *Livestock Science*. 167, 249–56. doi:10.1016/j.livsci.2014.05.029.
- Dirkzwager A., Veldman B. & Bikker P. (2005). A nutritional approach for the prevention of post weaning syndrome in piglets. *Anim Res*, 54, 231–236.
- European Food Safety Authority EFSA. (2007). Opinion of the scientific panel on additives and products or substances used in animal feed on the safety and

- efficacy of VevoVital® (benzoic acid) as feed additive for pigs for fattening. *EFSA Journal*, 457,1–14.
- Fairbrother, J., Nadeau, E. & Gyles, C. (2005). *Escherichia coli* en diarrea posdestete en cerdos: una actualización sobre tipos bacterianos, patogenia y estrategias de prevención. *Anim Health Res Rev*, 6(1), 17-39.
- Foot, P., Hales, K., Tait, R., Berry, R., Lents, C., Wells, J., Lindholm-Perry, A. & Freetly, H. (2016). Relationship of glucocorticoids and hematological measures with feed intake, growth, and efficiency of finishing beef cattle. *J. Anim. Sci*, 94, 275–283. doi:10.2527/jas.2015-9407.
- Frank, K. (1994). Medidas para preservar alimentos y piensos del daño bacteriano. *UÈ bersichten zur TierernaÈhrung*. 22, 149–63.
- Friedman, M., Henika, P., & Mandrell R. (2003). Antibacterial activities of phenolic benzaldehydes and benzoic acids against *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, and *Salmonella enterica*. *J. Food Prot*, 66, 1811–1821.
- Friendship, R., Lumsden, J., McMillan, I. & Wilson, M. (1984). Hematology and Biochemistry Reference Values for Ontario Swine. *Can J Comp Med*, 48, 390-393.
- García de Lorenzo, A., López, J., & Sánchez, Y. (2000). Respuesta inflamatoria sistémica: Fisiopatología y mediadores. *Medicina Intensiva*, 24(8), 353–360. [https://doi.org/10.1016/S0210-5691\(00\)79622-7](https://doi.org/10.1016/S0210-5691(00)79622-7)
- Gauthier R. (2002, 30 de abril). Salud intestinal, la clave de la productividad, el caso de los ácidos orgánicos [Conferencia]. *Avícola Precongreso Científico IASA XXVII convención ANECA-WPDC*. Puerto Vallarta, México.
- Gloria, B., & Vega, R. (2008). Inflamación. *Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM*, 51(5), 220–222.
- González, G., Pérez, M. & Butrón, A. (2011). Contribución al estudio de parámetros hemáticos de cerdos al destete bajo las condiciones de la granja experimental de Chapingo.

- Gordon-Smith, T. (2009). Structure and function of red and white blood cells. *Medicine* (Baltimore), 37, 119-124. <https://doi.org/10.1016/j.mpmed.2013.01.023>.
- Goualié, B., Outtara, H., Akpa, E., Guessends, N., Niamké, S. & Dosso, M. (2014). Occurrence of multidrug resistance in *Campylobacter* from Ivorian poultry and analysis of bacterial response to acid shock. *Food Science and Biotechnology*, 23(4), 1185-1191.
- Guggenbuhl, P., Séon, A., Quintana, A. & Nunes, C. (2007). Effects of dietary supplementation with benzoic acid (VevoVital) on the zootechnical performance, the gastrointestinal microflora and the ileal digestibility of the young pig. *Livestock Science*, 108, 218-221.
- Gutiérrez, C. (2004). *Principios de la anatomía, fisiología e higiene*. Limusa.
- Gutiérrez, L. & Corredor, J. (2017). Parámetros sanguíneos y respuesta inmune en pollos de engorde alimentados con probióticos. *Veterinaria y zootecnia*, 11(2), 81-92. doi:10.17151/vetzo.2017.11.2.7
- Halas, D., Hansen, C., Hampson, D., Mullan, B., Kim, J., Wilson, R. & Pluske, J. (2010). Dietary supplementation with benzoic acid improves apparent ileal digestibility of total nitrogen and increases villous height and caecal microbial diversity in weaner pigs. *Anim. Feed Sci. Technol*, 160, 137-147.
- Hansen, J., Sato, M., Russell, G., & Kharecha, P. (2007). Climate sensitivity, sea level and atmospheric carbon dioxide. *Royal Society*, 365, 1925-1954. <https://doi.org/10.1098/rsta.2012.0294>
- Harvey, S., Krimer, P., Correa, M. & Hanes, M. (2008). Hematology and plasma chemistry reference intervals for mature laboratory pine voles (*Microtus pinetorum*) as determined by using the nonparametric rank percentile method, *J Am Assoc Lab Anim Sci*, 47(4), 35-40.
- Htoo, J.K., & Molares, J. (2012). Efectos de la suplementación dietética con dos fuentes de formiato de potasio en el rendimiento de cerdos de 8 a 22 kg, *J. Anim. Sci*, 90, 346–349. doi:10.2527/jas.53776
- Johnston, L., Pettigrew, J. & Rust, J. (1993). Response of maternal-line sows to dietary protein concentration during lactation. *J. Anim. Sci*, 71, 2151-2156.

- Juste, M. & Carretón, E. (Ed). (2015). *Fundamentos de análisis clínicos en animales de compañía*. Multimedica.
- Karita, E., Ketter, N., Price, M., Kayitenkore, K., Kaleebu, P., Nanyubya, A., Anzala, O., Jaoko, W., Mutua, G., Ruzagira, E., Mulenga, J., Sanders, E., Mwangome, M., Allen, S., Bwanika, A., Bahemuka, U., Awuondo, K., Omosa, G., Farah, B., Shutes, E. (2009). CLSI-derived hematology and biochemistry reference intervals for healthy adults in eastern and southern Africa. *PLoS One*, 4(2). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0004401>.
- Kiare, K., Voth, C., Wey, C., Zhu, C., Vigerhoedsc P., Borucki, S., & Squires, E. (2018). Comparative efficacy of antibiotic growth promoter and benzoic acid on growth performance, nutrient utilization, and indices of gut health in nursery pigs fed corn– soybean meal diet. *Can. J. Anim. Sci*, 98(4), 868-874.
- Kierszenbaum, A. & Tres, L. (Ed.). (2016). *Histología y biología celular*. Elsevier Castellano.
- Kil, D., Kim, B. & Stein, H. (2013). Feed energy evaluation for growing pigs. *Asian Australas J Anim Sci*, 26,1205–1217.
- Kim, Y., Kil, D., Oh, H. & Han, K. (2005). Acidifier as an alternative material to antibiotics in animal feed . *Asian-Australasian journal of animal sciences*. 18(7), 1048-1060.
- Kluge, H., Broz, J. & Eder, K. (2006). Effect of benzoic acid on growth performance, nutrient digestibility, nitrogen balance, gastrointestinal microflora and parameters of microbial metabolism in piglets. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 90, 316-324.
- Knarreborg, A., Miquel, N., Granli, T., & Jensen, B. (2002). Establishment and application of an in vitro methodology to study the effects of organic acids on coliform and lactic acid bacteria in the proximal part of the gastrointestinal tract of piglets. *Anim. Feed Sci. Technol*, 99, 131–140. doi:10.1016/S0377-8401(02)00069-X
- Kristensen, N. B., Nørgaard, J. V., Wamberg, S., Engbæk, M., Fernández, J. A., Zacho, H. D., & Poulsen, H. D. (2009). *Absorption and metabolism of benzoic*

- acid in growing pigs*¹. *Journal of Animal Science*, 87(9), 2815-2822. doi:10.2527/jas.2009-2003
- Lázaro, R. (2001). *Utilización de acidificantes en piensos para lechones*. *3tres3.com*. https://www.3tres3.com/articulos/utilizacion-de-acidificantes-en-piensos-para-lechones_85/
- Le Dividich, J. & Sève, B. (2000). Effects of underfeeding during the weaning period on growth, metabolism, and hormonal adjustments in the piglet. *Domestic Animal Endocrinology*, 19(2), 63-74. [https://doi.org/10.1016/s0739-7240\(00\)00067-9](https://doi.org/10.1016/s0739-7240(00)00067-9)
- Le Dividich, J., & Sève, B. (2000). Effects of underfeeding during the weaning period on growth, metabolism, and hormonal adjustments in the piglet. *Domestic Animal Endocrinology*, 19(2), 63–74. doi:10.1016/s0739-7240(00)00067-9
- Leyva, M., Mounier, J., Valencia, F., Cotón, M., Thierry, A. & Coton, E. (2017). Antifungal Microbial Agents for Food Biopreservation. *Microorganisms*, 5(3), 37. <https://doi.org/10.3390/microorganisms5030037>.
- Lindholm, A., Kuehn, L., Wells, J., Rempel, L., Chitko-McKown, C., Keel, B. & Oliver, W. (2021). Hematology parameters as potential indicators of feed efficiency in pigs. *Transl. Anim*, 5,1-8. <https://doi.org/10.1093/tas/txab219>.
- Liu, Y., Espinosa, C., Abelilla, J., Casas, G., Lagos, L., Lee, S., Kwon, W., Mathai J., Navarro D., Jaworski, N. & Stein, H. (2018). Non-antibiotic feed additives in diets for pigs. *KeAi*, 4(2), 113–125. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2018.01.007>
- Lu, J., Zou, X. & Wang, Y. (2008). Effects of sodium butyrate on the growth performance, intestinal microflora and morphology of weanling pigs. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 17, 568-578. doi:10.22358/jafs/66685/2008.
- LÜCK, E. (Ed.) (1986). *Chemische Lebensmittel konservierung*. Stoffe, Wirkungen, MethodenSpringer-Verlag, Heidelberg.
- Luckstadt, C. & Mellor, S. (2010). The acid test in pig diets. *Krafftutter Feed Magazine*, 1–2; 18–21.

- Luise, D., Correa, F., Bosi, P. & Trevisi, P. (2020). A review of formic acid and its salts on the gastrointestinal microbiota and performance in pigs. *Animals*, 10(5), 887. <https://doi.org/10.3390/ani10050887>
- M. Suiryanrayna & J. Ramana. (2015). The effects of dietary organic acids fed to swine. *J. Anim. Sci. Biotechnol*, 6(1). doi:10.1186/s40104-015-0042-z
- Marchant-Forde, J. & Herskin, M. (2018). Pigs as laboratory animals. *Advances in Pig Welfare*, 445-475.
- Mariella, J., Pirrone, A., Gentilini, F. & Castagnetti, C. (2014). Hematologic and biochemical profiles in Standardbred mares during peripartum. *Theriogenology*, 81(4), 526-534.
- Martínez, A., López, J., Merino, B., Cervantes, J. & Cuarón, J. (2007). Ácido benzoico como aditivo alimentario para cerdos en crecimiento infectados naturalmente con *Salmonella cholerasuis*. *J. Anim. Sci*, 85(1), 516.
- Medway, W., Prier, J. & Wilkinson, J. (1990). *Patología Clínica Veterinaria*. UTHEA.
- Moeser, A., Pohl, C. & Rajput, M. (2017). “Weaning stress and gastrointestinal barrier development: Implications for lifelong gut health in pigs. *Animal Nutrition*, 3(4), 313-321. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.06.003>
- Mota, D., Roldán, P., Pérez, E., Martínez, R., Hernández, E & Trujillo, M. (2014). Factores estresantes en lechones destetados comercialmente. *Veterinaria México*. 37-51. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42331161006>
- Mroz, Z., Jongbloed, A., Partanen, K., Vreman, K., Kemme P. & Kogut, J. (2000). Los efectos del benzoato de calcio en dietas con o sin ácidos orgánicos sobre la capacidad amortiguadora de la dieta, aparente digestibilidad, retención de nutrientes y características del estiércol en cerdos. *J. Anim. Sci*, 78, 2622-2632.
- Mroz, Z., Koopmans, S.J., nnink, A., Partanen, K., Krasucki, W., Overland, M & Radcliffe, S. (2006). Carboxylic acids as bioregulators and promoters of intestinal growth in non-ruminant animals. *Biology of Nutrition in Growing Animals*. 4, 81–133.
- Mudarra, R. (2020). Effect of Feed Additives and Toxic Elements on Swine Growth Performance, Nutrient Digestibility, Immune Function and Reproductive

- Performance [Masters Theses, University of Arkansas]. Graduate Theses and Dissertations UARK. <https://scholarworks.uark.edu/etd/3891>.
- Muniz, M., Berto, D., Wechsler, F., Passos, AA., y Lima GJ. (2005). Chelated minerals in diets for weaned piglets. *Journal Animal Science*, 83(2), 178-180.
- Naughton PJ. & Jensen B.B., (2001). Un sistema de biorreactor para estudiar la supervivencia de *Salmonella typhimurium* en el contenido intestinal de cerdo. *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift*, 114(1), 1-4.
- Navia, N. & Guzmán, J. (2017). *Prácticas en Patología Clínica Veterinaria Laboratorio Clínico Veterinario*. <https://silo.tips/download/practicas-en-patologia-clinica-veterinaria-laboratorio-clinico-veterinario-lacli>
- Nemecek, J., Tokach, M., Dritz, S., Goodband, R., DeRouchey, J. & Bergstrom, J. (2013). Evaluation of dietary acidifiers on growth performance of nursery pigs, *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports*, 10. <https://doi.org/10.4148/2378-5977.7055>
- NRC. Nutrient Requirements of Swine. (2012). 11th Editi. National Academy Press, editor. Washington, DC, USA.
- Oh, H. (2004). Efecto de los suplementos dietéticos sobre el crecimiento, la digestión de nutrientes y la morfología intestinal en animales monogástricos. [Tesis doctoral, Universidad Nacional de Seúl].
- Overland, M., Kjos, N.P., Borg, M., Skjerve, E. & Sorum, H., (2008). Organic acids in diets for entire male pigs: Effect on skatole level, digesta microbiota and growth performance. *Livestock Science*. 115, 169–178. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.07.007>
- Partanen, K. & Mroz, Z. (1999). Ácidos orgánicos para mejorar el rendimiento en dietas para cerdos. *Nutrition Research Reviews*. 12, 117-145.
- Partanen, K., 2001. Organic acids - their efficacy and modes of action in pigs. *Nottingham University Press*. 201–217.
- Partanen, K.H. & Mroz, Z. (1999). Ácidos orgánicos para mejorar el rendimiento en dietas porcinas. *Nutr. Res*. 12, 117–145.
- Perpiñán, D., Hernández-Divers, S., Latimer, K., Akre, T., Hagen, C., Buhlmann, K., Hernandez-Divers SJ. (2008). Hematology of the Pascagoula map turtle

- (*Graptemys gibbonsi*) and the southeast Asian box turtle (*Cuora amboinensis*). *J Zoo Wildl Med*, 39(3), 460-463.
- Pilny AA. (2008). Clinical hematology of rodent species. *Vet Clin North Am Exot Anim Pract*, 11(3), 523-533.
- Pluske JR, Hampson DJ, Williams IH. (1997). Factors that influence the structure and function of the small intestine in the weaned pig. *Live production science*. 51, 215–36.
- Pohl, C., Medland, J. & Moeser, J. (2015). Early Life Stress Origins of Gastrointestinal Disease: Animal Models, Intestinal Pathophysiology, and Translational Implications. *Am. J. Physiol. Gastrointest*, 309(12), 927-941.
- Quiles, A. & Hevia, M.L. (2006). Utilización de acidificante en las dietas como post-destete. *Producción animal*. 224, 52-61. https://www.researchgate.net/publication/322421079_Utilizacion_de_acidificantes_en_dietas_post-destete.
- Rahman, M. (2016). Normal hematological and biochemical references values of swine species.
- Ravindran, V. & Kornegay, E. (1993). Acidificación de las dietas de lechones destetados: una revisión. *J Sci Food Agric*, 62, 313–22.
- Reglamento (CE) nº 877/2003 de la Comisión, de 21 de mayo de 2003. Diario Oficial de la Unión Europea. 22.5.2003.
- Resende, M., Chaves, R.F., Garcia, R.M., Barbosa, J.A., Marques, A.S., Rezende, L.R., Peconick, A.P., Garbossa, C.A., Mesa, D., Silva, C.C., Fascina, V.B., Dias, F.T., & Cantarelli, V.D. (2020). Benzoic acid and essential oils modify the cecum microbiota composition in weaned piglets and improve growth performance in finishing pigs. *Livestock Science*, 242, 104311.
- Roselli, M., Finamore, A., Britti, M., Bosi, P., Oswald, I. & Mengheri, E. (2005). Alternatives to in-feed antibiotics in pigs: Evaluation of probiotics, zinc or organic acids as protective agents for the intestinal mucosa. A comparison of in vitro and in vivo results. *Animal Research*, 2005, 54 (3), pp.203-218.54(3), 203-218. <https://hal.science/hal-00890042/document>.

- Roth, F.X., (2000). Ácidos orgánicos en nutrición porcina: eficacia y modo de acción. *XVI Curso de Especialización FEDNA*. 169-181.
- Schettini, L., Li, O., Gálvez, H., Montoya, G. & Sánchez, P. (2005). Perfil bioquímico sanguíneo hepático y renal en el sajino (tayassu tajucu) criado en cautiverio en la Amazonía peruana. *Revinv Perú*, 16(2), 1755-179.
- Schmidt, E., Lange, R., Ribas, J., Daciuk, B., Montiani-Ferreira, F. & Paulillo, A. (2009). Hematology of the Red-capped parrot (*Pionopsitta pileata*) and Vinaceous Amazon parrot (*Amazona vinacea*) in captivity, *J Zoo Wildl Med*, 40(1), 15-17.
- Sherman, D. M., Acres, S. D., Sadowski, P. L., Springer, J. A., Bray, B., Raybould, T. J., & Muscoplat, C. C. (1983). Protection of calves against fatal enteric colibacillosis by orally administered *Escherichia coli* K99-specific monoclonal antibody. *Infection Immunity*, 42(2), 653–658. <https://doi.org/10.1128/iai.42.2.653-658.1983>.
- Shu, Y., Yu, B., He, J., Yu, J., Zheng, P., Yuan, Z., ... Mao, X. (2016). Excess of dietary benzoic acid supplementation leads to growth retardation, hematological abnormality and organ injury of piglets. *Livestock Science*, 190, 94–103. doi:10.1016/j.livsci.2016.06.010.

- Sodikoff, Ch. (1996). *Pruebas diagnósticas y de Laboratorio en las Enfermedades de los Pequeños Animales* (2nd ed.).
- Straw, B., D'Allaire, S., Mengeling, W. & Taylor, D. (2000). *Enfermedades del Cerdo*. (8ava ed.). Inter-Médica. Bogotá, Colombia.
- Suiryanrayn, V. & Ramana, J. (2015). Una revisión de los efectos de los ácidos orgánicos en la dieta alimentada a los cerdos. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 6(45). <https://doi.org/10.1186/s40104-015-0042-z>
- Sun, Y. & Kim, S. (2017). Desafío intestinal con *Escherichia coli* enterotoxigénica en cerdos e intervención nutricional para prevenir la diarrea posdestete. *Nutrición animal*, 3(4), 322-330.
- Swenson, J., Goetsch, D. & Underbjerg, K. (1955). The effect of the sow's ration on the hematology of the newborn pig. *Am. Vet. Med. Assoc. Proc*, 15(1), 159-162.
- Torrallardona, D., Badiola, I. & Broz, J. (2007). Effects of benzoic acid on performance and ecology of gastrointestinal microbiota in weanling piglets. *Livestock Science*, 108, 210-213.
- Tugnoli, B., Giovagnoni, G., Piva, A. & Grilli, E. (2020). From acidifiers to intestinal health enhancers: How organic acids can improve growth efficiency of pigs. *Animals*, 10(1), 134.
- Urroz, C. (1991). *Anatomía y Fisiología Animal*. UNED.
- Vondruskova, H., Slamova, R., Trckova, M., Zraly, Z. & Pavlik, I. (2013). Alternatives to antibiotics as growth promoters for use in swine production. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 4,35-47. doi:10.1186/2049-1891-4-35.
- Wang, J., Chen, X., Li, P., Li, L., Zhou, J., Wang, L., Li, F., Yin, L. & Wu, Y. (2008). Gene expression is altered in piglet small intestine by weaning and dietary glutamine supplementation. *J. Nutr*, 138, 1025–1032. <https://doi.org/10.1093/jn/138.6.1025>.
- Wei, K., Xue, X., Zhou, X. & Peng, J. (2017). A carvacrol–thymol blend decreased intestinal oxidative stress and influenced selected microbes without changing the messenger RNA levels of tight junction proteins in jejunal mucosa of

weaning piglets. *Animal*, 11, 193–201.
<https://doi.org/10.1017/S1751731116001397>.

Zhu, H., Zhao, L., Chen, L. & Xu, X. (2012). Impact of weaning and an antioxidant blend on intestinal barrier function and antioxidant status in pigs. *J. Anim. Sci*, 90, 2581–2589. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-4444>.

VII. ANEXOS

Anexo 1. Elaboración de concentrado en la planta de alimentos de la universidad.



Anexo 2. Limpieza de comederos y corrales.



Anexo 3. Actividades durante la investigación.

