



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**EVALUACIÓN DE UNA FUENTE DE PROTEÍNA DE ORIGEN
FÚNGICO COMO SUSTITUTO PARCIAL DE PROTEÍNA ANIMAL
EN DIETAS DE CERDOS JÓVENES**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTA

ERICK ALEJANDRO PARRA ALARCÓN

ASESOR:

M.V.Z. M.Sc. Ph.D. Arturo Germán Borbolla Sosa

COASESOR:

M.V.Z. M.Sc. Pedro Ochoa Galván



Ciudad Universitaria, Cd. Mx. 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, Martha Alarcón Rosales y Fabian Parra Pérez, ya que todo lo que soy es gracias a ellos. Siempre estaré agradecido por todo su apoyo y creer en mí. Tienen todo mi amor y respeto.

A mi hermano, Cesar Parra por siempre ser tan paciente conmigo. Eres un orgullo para mí y toda la familia.

A mi tío Luis Parra, quien apoyo fuertemente mi educación y por estar ahí para mí.

A María Carmona por siempre brindarme su cariño, apoyo y confianza durante este proceso.

AGRADECIMIENTOS

Al Doctor Arturo Germán Borbolla Sosa, por confiar en mí y aceptarme como su estudiante para la realización de esta tesis. Siempre estaré agradecido por los conocimientos y consejos compartidos, y sobre todo por haberse convertido en un maestro de vida para mí.

Al M. Sc Pedro Ochoa Galván por la paciencia inagotable y sus valiosas contribuciones para la realización de esta tesis.

A mis sinodales: MVZ Mario Enrique Haro Tirado, Dra. Carolina Segundo Zaragoza, MC Jesús Manuel Cortéz Sánchez y MVZ Nazareth de la Cruz Rodríguez por todas las aportaciones para la realización de este trabajo.

A mis amigos Esteban, Fany, Celic, Enrique y Areli, a quienes conocí en esta carrera y con el tiempo se volvieron la familia que uno escoge. Gracias por todas las aventuras, pero sobre todo por su apoyo y consejos.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por todas las oportunidades y formación de tantos profesionistas en áreas tan diversas, quienes tenemos el compromiso de poner en alto el nombre de la UNAM.

A Phileo - Lesaffre Animal Care por la confianza y financiamiento de esta tesis.

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Destete del cerdo.....	4
Dieta de preiniciación.....	7
Fuentes de proteína en preiniciadores.....	9
Requerimiento de proteína en cerdos de destete	10
PC y lisina requerida en cerdos jóvenes.....	10
Digestibilidad	11
Plasma animal deshidratado y pulverizado.....	11
Harina de pescado.....	14
Inconvenientes de las proteínas de origen animal en los preiniciadores	15
Costos de las fuentes de proteína de origen animal.....	16
Levadura como alternativa de proteína animal en dietas preiniciadoras	18
Levadura seca inactivada	20
JUSTIFICACIÓN	23
HIPÓTESIS	23
OBJETIVO	23

MATERIAL Y MÉTODOS.....	24
Ubicación de la granja	24
Instalaciones.....	24
Animales	27
Alimentación	28
Tratamientos experimentales.....	29
Análisis estadístico	32
RESULTADOS.....	33
DISCUSIÓN	50
CONCLUSIONES	60
REFERENCIAS.....	61

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. EFECTO DE LA EDAD DEL DESTETE SOBRE LA ALTURA DE LAS VELLOSIDADES INTESTINALES EN LECHONES.....	6
CUADRO 2. COMPOSICIÓN QUÍMICA Y DIGESTIBILIDAD DE LA PC Y AA DEL PLASMA ANIMAL.....	12
CUADRO 3. COMPOSICIÓN QUÍMICA Y DIGESTIBILIDAD DE LA PC Y AA DE LA HARINA DE PESCADO.....	14
CUADRO 4. COMPOSICIÓN QUÍMICA Y DIGESTIBILIDAD DE LA PC Y AA DE LA LEVADURA <i>SACCHAROMYCES CEREVISIAE</i>	19
CUADRO 5. MANEJO EN GRANJA.....	28
CUADRO 6. INCLUSIÓN DE LOS TRATAMIENTOS EN LAS DIETAS EXPERIMENTALES.....	30
CUADRO 7. PESO META EN CADA FASE ALIMENTICIA.....	31
CUADRO 8. ANIMALES AL INICIO Y FINAL DEL ESTUDIO.....	33
CUADRO 9. EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS EN LA FASE 1.....	35
CUADRO 10. EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS EN LA FASE 2.....	38
CUADRO 11. EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS EN LA FASE 3.....	42
CUADRO 12. EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS DEL ANÁLISIS GLOBAL DEL PERIODO EXPERIMENTAL.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. DESARROLLO DE LA BARRERA GASTROINTESTINAL POSTNATAL EN EL CERDO.....	5
FIGURA 2. ETAPAS ALIMENTICIAS DEL CERDO PARA ABASTO.....	8
FIGURA 3. PORCENTAJE DE CONSUMO DE ALIMENTO EN CADA ETAPA DE LA ALIMENTACIÓN DEL CERDO.....	17
FIGURA 4. UBICACIÓN DE LA GRANJA.....	24
FIGURA 5. CORRALES UTILIZADOS DURANTE EL ESTUDIO.....	25
FIGURA 6. TEMPERATURAS MÁXIMAS Y MÍNIMAS DE SALA 2.....	26
FIGURA 7. TEMPERATURAS MÁXIMAS Y MÍNIMAS DE SALA 1.....	26
FIGURA 8. IDENTIFICACIÓN DE ANIMALES PARA EL ESTUDIO	27
FIGURA 9. COMEDERO CORRAL.	29
FIGURA 10. PESO (KG) INICIAL Y FINAL POR CERDO EN CADA FASE.....	46
FIGURA 11. INCREMENTO DE PESO (%) POR CERDO PARA CADA FASE ALIMENTICIA Y EL TOTAL DEL PERIODO EXPERIMENTAL	46
FIGURA 12. ALIMENTO CONSUMIDO (KG) POR CERDO EN CADA FASE ALIMENTICIA Y EL TOTAL DEL PERIODO EXPERIMENTAL	47
FIGURA 13. PESO GANADO (KG) POR CERDO EN CADA FASE ALIMENTICIA Y EL TOTAL DEL PERIODO EXPERIMENTAL	47
FIGURA 14. CDA (KG) POR CERDO EN CADA FASE ALIMENTICIA Y EL TOTAL DEL PERIODO EXPERIMENTAL.....	48
FIGURA 15. GDP (KG) POR CERDO EN CADA FASE ALIMENTICIA Y EL TOTAL DEL PERIODO EXPERIMENTAL	48

FIGURA 16. CA POR CERDO EN CADA FASE ALIMENTICIA Y EL TOTAL DEL
PERIODO EXPERIMENTAL..... 49

RESUMEN

PARRA ALARCÓN ERICK ALEJANDRO. Evaluación de una fuente de proteína de origen fúngico como sustituto parcial de proteína animal en dietas de cerdos jóvenes. (Bajo la dirección de: M.V.Z. M.Sc. Ph.D. Arturo Germán Borbolla Sosa y M.V.Z. M.Sc. Pedro Ochoa Galván).

El objetivo del estudio fue determinar el efecto de *S. cerevisiae* inactiva (LI) sobre el crecimiento de cerdos destetados, al reemplazar en la dieta el 50% del plasma animal (PL) y harina de pescado (HP). Ambos productos tienen un precio elevado, por lo que una menor inclusión conllevaría reducción del costo alimenticio. Se alimentó a 384 cerdos (6.1 ± 0.5 kg; 27 ± 2 días de edad; Yorkshire X Landrace, PIC EE. UU.), en 3 fases y 4 tratamientos: 1) PL; 2) HP; 3) PL + LI; 4) HP + LI. En la fase 1 (día 1 a 13 ± 2), el consumo diario de alimento (CDA) (277, 274, 262, 270 g/d para los tratamientos 1, 2, 3 y 4), y la ganancia diaria de peso (GDP) (257 g/d) entre todas las dietas fue similar ($P > 0.05$). La conversión alimenticia (CA) con PL + LI (1.02); fue menor ($P = 0.047$) a la dieta PL, y ($P > .05$) a las dietas HP (1.06) y HP + LI (1.04). En la fase 2 (día 14 a 20 ± 1), pese al semejante CDA entre tratamientos ($P > 0.05$; 547, 510, 475, 498 g/d respecto a los tratamientos 1, 2, 3 y 4), la GDP con PL y HP (470 y 464 g/d) fue mayor ($P < 0.05$) a las dietas PL + LI y HP + LI (407 y 418 g/d). La menor CA ($P > .05$) perteneció a la dieta 2 (1.10 vs 1.15, 1.17, 1.20 respecto a las dietas 2, 1, 3, y 4). En la fase 3 (día 21 a 41 ± 2), la GDP de los tratamientos 1, 2 y 3 (492, 500 y 506 g/d), fue superior ($P < 0.05$) al tratamiento 4 (442 g/d), aunque el CDA fue similar ($P > 0.05$; 839, 819, 789 y 796 g/d respecto a las dietas 1, 2, 3 y 4). La dieta 3 mostró la menor CA ($P > 0.05$; 1.56 vs 1.70, 1.64 y 1.79 para los tratamientos 3, 1, 2 y 4). Globalmente; el CDA fue diferente entre el PL + LI y PL (556 vs 627 g/d; $P = .058$), y entre la HP y HP + LI (596 vs 565 g/d; $P < 0.05$). El tratamiento 4 mostró la menor GDP (376 vs 420, 420, 405 g/d respecto a los tratamientos 4, 1, 2, y 3; $P < 0.05$). La dieta 3 mostró la menor CA ($P < 0.05$; 1.37 vs 1.49, 1.50; y $P > 0.05$ vs 1.41, respecto a las dietas 3, 1, 4 y 2). Concluyendo que la LI sustituyó eficientemente el 50% del plasma.

INTRODUCCIÓN

El alimento (preiniciador) que el cerdo recibe una vez que es separado de su madre es el más costoso que consume bajo condiciones intensivas de producción (Muns y Magowan, 2018). Distintos estudios han buscado reducir el costo de alimentación durante las etapas iniciales del crecimiento (6 – 15 Kg) (Skinner *et al.*, 2014; Collins *et al.*, 2017; Whang *et al.*, 2000). Sin embargo, en casi todos, la conclusión es que al reducir la calidad de las dietas preiniciadoras (menor digestibilidad y densidad nutricional), el rendimiento productivo (tasa de crecimiento, consumo de alimento y conversión alimenticia) se reduce, e incrementa el costo de producción total, pues los cerdos requieren una mayor cantidad de alimento hacia el final de la etapa de engorda, cuando sus ganancias de peso y conversiones alimenticias no son tan eficientes, retrasando su salida al mercado hasta por 10 días (Douglas *et al.*, 2014; Águila, 2010).

Entre los ingredientes que elevan de manera importante el costo de las dietas preiniciadoras, se encuentran las proteínas de origen animal (Jeong *et al.*, 2015) como la harina de pescado, obtenida mediante deshidratación (Jones *et al.*, 2015) y el plasma animal, porcino o bovino, obtenido por atomización (Crenshaw *et al.*, 2017), así como los de origen vegetal (concentrado de soya, proteína de papa etc.) (Casas *et al.*, 2017; Cotten *et al.*, 2016), que a pesar de su inclusión relativamente baja (4 al 8% de la dieta) (FEDNA, 2010), impactan considerablemente en el costo de la dieta (30 a 50% del total); precio determinado por su alta digestibilidad (Skinner *et al.*, 2014), por lo que la búsqueda de fuentes alternativas de proteína, de menor costo y similar resultado en rendimiento productivo para las primeras etapas de la vida posnatal tiene una importante relevancia en la producción de esta especie.

La proteína cruda ya sea de origen vegetal o animal, se incluye para aportar los requerimientos de aminoácidos, los cuales en el cerdo de engorda son muy elevados (Medel *et al.*, 1999), pues ésta especie ha sido sometida a intensos programas de selección genética (Culbertson *et al.*, 2017) enfocados en alcanzar la mayor velocidad de crecimiento muscular; función que requiere de importantes

cantidades de aminoácidos y energía (Liu *et al.*, 2015). En el cerdo de destete (inmaduro digestivamente) (Jayaraman y Nyachoti, 2017) es necesario incluir en la dieta fuentes de proteína de alta digestibilidad (Jeong *et al.*, 2015), para permitir que la mayor cantidad de aminoácidos alcancen el torrente circulatorio y lleguen a la fibra muscular. La harina de pescado y el plasma animal además de reunir este requisito mejoran el rendimiento productivo al estimular mayor consumo de alimento (Jones *et al.*, 2018; Crenshaw *et al.*, 2017) y mejorar la absorción de nutrientes al incrementar la altura de las vellosidades intestinales (Zhao *et al.*, 2007; Zhang *et al.*, 2015), además de modular el sistema inmunológico (Pérez-bosque *et al.*, 2016). Estas acciones, los hacen ser utilizados rigurosamente en las dietas preiniciadoras; sin embargo, de no usarse se sacrifica el rendimiento productivo, pero su alto costo y su posibilidad de contaminación por *Salmonella spp* (en la harina de pescado) (Jiang, 2016), o el virus de la diarrea epidémica porcina (en el plasma animal) (Pasick *et al.*, 2014) han provocado que los productores busquen alternativas para sustituirlos parcial o completamente en las dietas preiniciales.

Una fuente de proteína de menor costo y alta digestibilidad es la levadura *Saccharomyces cerevisiae* (Shurson, 2018). En condiciones adecuadas de cultivo esta puede producirse en grandes cantidades (Suárez *et al.*, 2018) y al mantenerse completa después de secarse e inactivarse térmicamente, cuenta con un alto contenido de proteína ($\geq 46\%$) con un adecuado perfil de aminoácidos para la nutrición del cerdo (Campos *et al.*, 2014), por lo que es un potencial sustituto de la proteína animal en las dietas preiniciadoras (Yang *et al.*, 2017).

En distintos estudios al utilizar la levadura *Saccharomyces cerevisiae* (presentación de extracto) como fuente de proteína, se alcanzó resultados similares en ganancia diaria de peso, durante la primera semana posterior al destete, al sustituir el 50% del plasma animal de la dieta (2% plasma + 2 % extracto de levadura) (Pereira *et al.*, 2012), y sin diferencia en sustitución completa del plasma, para consumo y ganancia diaria de peso, durante los primeros 14 días, en cerdos recién destetados (Wu *et al.*, 2016).

El presente estudio pretende explicar el efecto de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* seca e inactivada, como fuente de proteína de menor costo, al reemplazar parcialmente la proteína de origen animal en la formulación de dietas preiniciales.

REVISIÓN DE LITERATURA

Destete del cerdo

Bajo condiciones naturales, el destete es un proceso paulatino que en los cerdos tiene como objetivo estimular la madurez del sistema nervioso, inmune y digestivo, (ya que durante la vida fetal tienen una baja tasa de desarrollo), además de independizar a la cría de la leche materna, adaptando gradualmente su aparato digestivo para poder procesar alimento de diferentes orígenes (Pohl *et al.*, 2015). Este proceso es motivado por la búsqueda de los cerdos por nuevas fuentes de nutrientes, por lo que la total independencia digestiva ocurre entre las semanas 10 y 12 de vida (Moeser *et al.*, 2017). Dicha búsqueda por nuevos alimentos resulta de la incapacidad de la leche materna para cubrir el requerimiento nutricional a partir de la segunda semana de vida (Reis De Souza y Mariscal, 1997).

Por otra parte, en condiciones comerciales, debido al avance genético, reproductivo, sanitario y nutricional, el destete se realiza entre los 21 y 28 días de edad, con un peso aproximado de 6 kg (Daza, 2000 citado por Torres y Hurtado, 2007). Este, optimiza el rendimiento productivo ya que permite reducir el intervalo entre partos, incrementar el número de lechones/hembra al año, etc. (Torres y Hurtado, 2007). Sin embargo, es sumamente abrupto y estresante en los aspectos ambiental, social (separación de la madre) y nutricional (cambio repentino de dieta láctea a sólida a base de cereales) del cerdo inmaduro (Moeser *et al.*, 2017), ocasionado complicaciones neuroendocrinas, inmunológicas y digestivas (Pohl *et al.*, 2015).

En concordancia, la inmadurez digestiva caracterizada por escasa producción enzimática del páncreas así como de los enterocitos maduros del ápice de las vellosidades del epitelio del intestino delgado, además de limitada secreción de

ácido clorhídrico estomacal, para la digestión de los nutrientes (carbohidratos, lípidos y proteínas), son factores que aunados a la presentación y palatabilidad de la nueva dieta (Ruiz, 2015; Insuasti *et al.*, 2008), repercuten en bajo consumo de alimento durante los primeros días después del destete e incluso un periodo (hasta 48 horas) de inanición (Campbell *et al.*, 2013).

Durante las primeras horas después del destete, además del bajo consumo, la presencia de patógenos y composición del nuevo alimento, pueden estimular la actividad del sistema nervioso y promover la inflamación, mediante la expresión de citocinas proinflamatorias (IL - 6, IL - 1, IL - 8, FNT - α) (Píe *et al.*, 2003), serotonina y mastocitos a nivel local y sistémico (Pohl *et al.*, 2017). Los cuales alteran el desarrollo de la estructura y función de la barrera y microbiota intestinal (Jayaraman y Nyachoti 2017; Moeser *et al.*, 2017). Comprometiéndose así el sistema inmunológico, ya que la inmunidad adaptativa aún es ineficiente y la inmunidad pasiva (IgA, citocinas antiinflamatorias y leucocitos de la leche) comienza a declinar (Moeser *et al.*, 2017) (**Figura 1**).

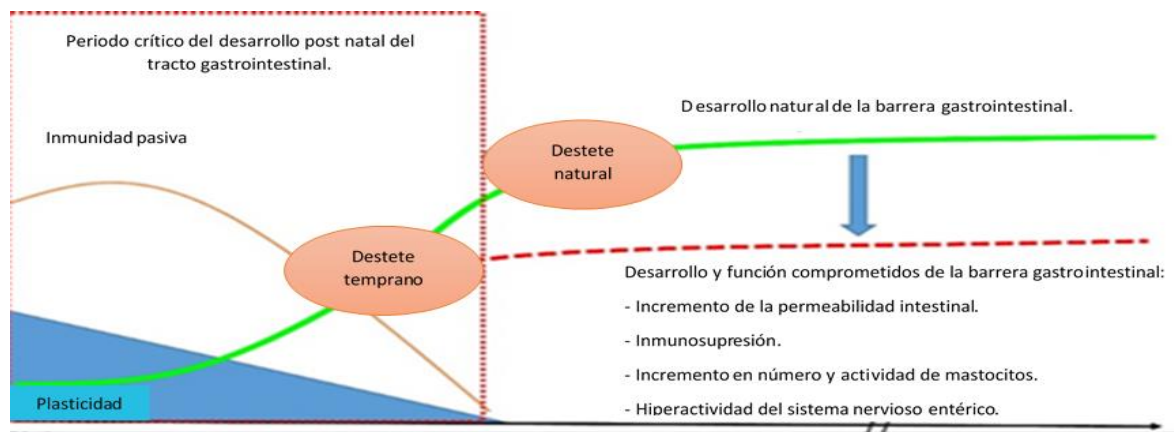


Figura 1. Desarrollo de la barrera gastrointestinal postnatal en el cerdo (Tomado y traducido de Moeser *et al.*, 2017).

En consecuencia, el estrés e inflamación (durante las primeras 24 horas post destete), modifican la integridad y permeabilidad selectiva de la barrera intestinal, regulada por la mucosidad y las proteínas de las uniones estrechas del epitelio intestinal, favoreciendo el desarrollo de desórdenes anatómicos y funcionales (Píe

et al., 2003; Pohl *et al.*, 2015). Principalmente incrementa el estrés oxidativo y atrofia de las vellosidades del intestino delgado (**Cuadro 1**), lo que reduce temporalmente la superficie de contacto de los nutrientes con la mucosa intestinal y la digestión enzimática (Al *et al.*, 2014).

Cuadro 1. Efecto de la edad del destete sobre la altura de las vellosidades intestinales en lechones (Tomado de: Cera *et al.*, 1988 citado en Insuasti *et al.*, 2008).

Edad (días)	Lechón lactante	Edad al destete	
		21	35
Altura de las vellosidades (μm)			
2	718 +/- 95	-	-
10	703 +/- 32	-	-
21	527 +/- 35	527 +/- 35	-
24	-	183 +/- 17	-
28	416 +/- 41	216 +/- 17	-
35	410 +/- 31	313 +/- 14	410 +/- 31
38	-	-	299 +/- 21
42	-	429 +/- 38	424 +/- 9
49	-	437 +/- 16	-

En compensación a la atrofia en las vellosidades intestinales, se presenta hiperplasia de las criptas intestinales, por lo que aumenta el número de enterocitos inmaduros (con menor capacidad de digestión y absorción) en el ápice de la vellosidad intestinal (Jayaraman y Nyachoti 2017; Campbell *et al.*, 2013). Limitando de esta manera la obtención de energía y nutrientes en las cantidades necesarias para crecer eficientemente (Moeser *et al.*, 2017), e incluso se presenta pérdida de peso del tracto digestivo, páncreas y músculo (Tay, 2015; Tsukahara *et al.*, 2016), ya que se intensifica el gasto energético y el catabolismo proteico, al utilizar los aminoácidos (AA) de origen muscular en la síntesis de nuevos linfocitos, citocinas proinflamatorias y en la obtención de energía (Medel *et al.*, 1999).

Por otra parte, la pérdida de integridad de la mucosa del intestino delgado permite que importantes cantidades de proteína lleguen al intestino grueso, donde la microbiota (aún ineficiente para bloquear la adhesión de patógenos, ya que debe

adaptarse una nueva población al cambio de dieta), puede utilizar esta proteína no digerida como sustrato fácilmente fermentable, favoreciendo la disbiosis en su población y con ello la incidencia de diarreas. (Insuasti *et al.*, 2008).

Desde esta perspectiva, para el éxito de esta etapa, los cerdos deben adaptarse rápidamente a la exposición de patógenos y toxinas presentes en el alimento, así como a diferentes nutrientes (almidones y proteínas vegetales), para evitar disfunciones que afecten su salud, y por ende retraso en su crecimiento y/o elevar el índice de mortalidad (Campbell *et al.*, 2013; Tay, 2015).

Implementar prácticas que incrementen el consumo de alimento inmediatamente después del destete es fundamental, así como estimular un adecuado estado inmunológico y población en la microbiota intestinal, además de prevenir la estimulación de la inflamación intestinal (Campbell *et al.*, 2013; Jayaraman y Nyachoti, 2017), ya que animales jóvenes con mayor ingesta de nutrientes y energía muestran rápida adaptación a los cambios, mejor crecimiento del páncreas, y prevención de la atrofia de las vellosidades intestinales (Wijten *et al.*, 2012 citado en Al *et al.*, 2014; Reis de Souza *et al.*, 2012).

Por lo tanto, el proceso del destete puede ser eficiente si se mantienen las condiciones de manejo y ambiente adecuadas (control de temperatura, piso, agua, grupos, etc.) un adecuado estado sanitario (Jayaraman y Nyachoti, 2017), y el empleo de dietas de preiniciación, con ingredientes que promuevan el consumo más pronto de alimento (Muns y Magowan, 2018; Insuasti *et al.*, 2008).

Dieta de preiniciación

Las dietas de preiniciación se emplean inmediatamente después del destete y hasta los 15 a 22 kg de peso (**Figura 2**), distribuyendo el alimento en distintas fases (Medel *et al.*, 1999). Cada fase aporta el requerimiento nutricional más exacto del cerdo, de acuerdo a su edad y peso, lo que resulta económico, ya que esta distribución reduce las deficiencias y/o exceso de nutrientes que se administrarían en una sola fase alimenticia (Muns y Magowan, 2018; Han *et al.*, 1999).

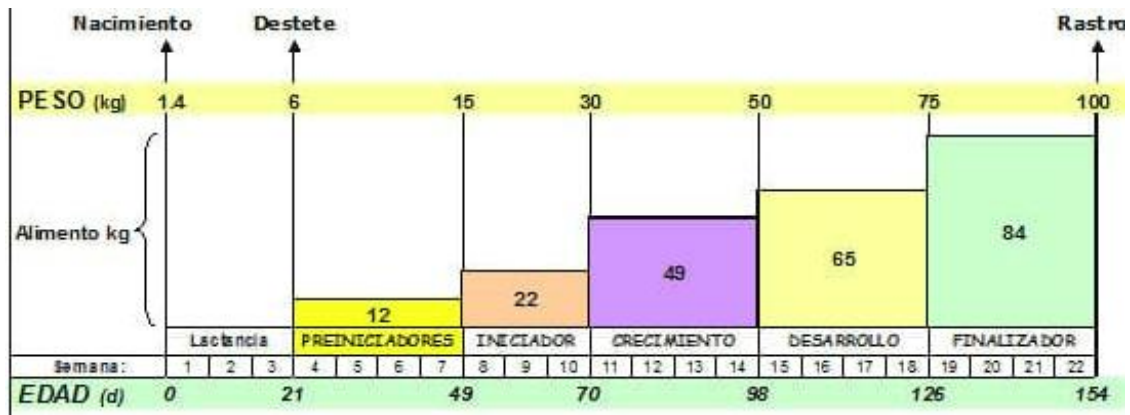


Figura 2. Etapas alimenticias del cerdo para abasto. (Tomado de: Águila, 2010).

Estas dietas de preinicio pueden emplearse en machos y hembras indistintamente, ya que la diferencia en consumo y desarrollo por sexo no es significativa hasta antes de los 25 kg (Han *et al.*, 1999; Whang *et al.*, 2000). El objetivo de estos programas de alimentación es alcanzar el mayor peso en el menor tiempo, para ello la fuente de proteína cruda (PC) es determinante (Muns y Magowan, 2018). Por lo tanto, los preiniciadores cuentan con una reducida cantidad de proteínas vegetales e importantes concentraciones de fuentes de proteína de alta digestibilidad, como los sustitutos lácteos (leche en polvo descremada, caseína, suero de leche, etc.) y fuentes de proteína de origen animal, como la harina de pescado y el plasma animal (Junqueira *et al.*, 2008). De esta manera, se busca obtener la mejor composición y digestibilidad en la dieta preinicial, la cual requiere un menor uso de enzimas digestivas por parte del cerdo aún inmaduro digestivamente (Tay, 2015; Ruiz, 2015).

La incorporación de las fuentes de proteína de origen animal altamente digestibles reduce con el avance de las fases alimenticias, e incrementa al mismo tiempo la cantidad de cereales (almidón) y proteínas de origen vegetal. Esto facilita la transición y adaptación gradual del tracto digestivo de la dieta láctea a dietas sólidas y más compleja de digerir (Ruiz, 2015; Skinner *et al.*, 2014). Sin embargo, algunos ingredientes como el plasma animal y la harina de pescado (los cuales

aportan un adecuado perfil de PC), a pesar de su inclusión relativamente baja (4 al 8%) impactan considerablemente el costo de la dieta (30 a 50% del total).

Fuentes de proteína en preiniciadores

La proteína cruda (PC) se compone de aminoácidos, péptidos, ácidos nucleicos y enzimas, los cuales se componen en parte por nitrógeno. Se utiliza la concentración de nitrógeno en el alimento y la constante 6.25 para estimar la cantidad de PC de un alimento, incluyendo el nitrógeno no proteico, de ahí el término proteína cruda. La constante 6.25 infiere que el contenido promedio de nitrógeno de la proteína es 16 g de nitrógeno / 100 g de proteína (NRC, 2012).

La PC se incluye en las dietas para cubrir los requerimientos de aminoácidos (AA). Los ingredientes de origen vegetal, al ser los ingredientes de mayor inclusión en las dietas para cerdos, aportan del 30 al 60% del perfil de AA requerido. Aunque por su naturaleza, son deficientes en AA esenciales (lisina, metionina, treonina y triptófano), con excepción de la soya (NRC, 2012).

La soya es la fuente de PC de origen vegetal más empleada en dietas para cerdos, sobre todo en la etapa de crecimiento y finalización (Sinn *et al.*, 2016) por su precio accesible y adecuado balance de AA (especialmente lisina) (NRC, 2012). Sin embargo, su empleo en dietas para cerdos de destete no es recomendable, ya que posee una gran cantidad de factores anti nutricionales (termo lábiles), como lectinas e inhibidores de tripsina, además de factores (termoestables) como glicina, β -conglucina, rafinosa y esteaquinosa (Reis de Souza *et al.*, 2012; Araújo *et al.*, 2006). Estos componentes en el tracto digestivo del cerdo inmaduro pueden reducir la digestibilidad incluso de otros nutrientes, favorecer la disbiosis intestinal y con ello desórdenes digestivos y retraso del crecimiento (Jeong *et al.*, 2015; Sinn *et al.*, 2016). Lo que hace a la harina de pescado y plasma animal por su perfil de PC altamente digestible y sin factores anti nutricionales ingredientes tradicionalmente utilizados para cubrir el requerimiento de PC durante esta etapa (Jones *et al.*, 2015).

Requerimiento de proteína en cerdos de destete

La selección genética en cerdos se ha enfocado en alcanzar en el menor tiempo, la mayor tasa de crecimiento muscular. Proceso que requiere de grandes cantidades de energía y AA (Schinckel y Lange, 1996), para que después de la digestión y absorción, la mayor concentración de AA llegue al torrente sanguíneo, posteriormente a la fibra muscular (Liu *et al.*, 2015; Culbertson *et al.*, 2017) y superen la tasa de degradación de esta (Nogueira *et al.*, 2012).

La PC de la dieta se valora en función de su aporte de AA esenciales, su coeficiente de digestibilidad ileal, así como su palatabilidad y ausencia de factores antinutricionales. El perfil requerido, aunque varía de acuerdo con el estado fisiológico y nivel de producción, es similar en composición a los AA encontrados en los tejidos del cerdo (NRC, 2012; Nogueira *et al.*, 2012). Por lo tanto, para cubrir este perfil las dietas son balanceadas en función del término proteína ideal, el cual evita el exceso de nitrógeno y/o la deficiencia de AA, para ello recurriendo al empleo de AA sintéticos. (NRC, 2012).

En este sentido, se utiliza a la lisina como aminoácido limitante, ya que la tasa de síntesis muscular del cerdo depende o está restringida por su presencia y relación con los demás AA (Nogueira *et al.*, 2012). En el mismo sentido, Schinckel y Lange (1996) describen que, en cerdos menores a 50 kg, la máxima capacidad de retención proteica muscular está determinada por la energía ingerida, así como por aspectos ambientales (enfermedades, temperatura e interacciones sociales).

PC y lisina requerida en cerdos jóvenes

- Cerdos de 9.3 - 15 kg: PC 21 % y 1.330 % de lisina digestible.
- Cerdos de 5.5 - 9 kg: PC 20 % y 1.450 % de lisina digestible.
- Cerdos de 15 - 30 kg: PC 19.24 % y 1.093 % de lisina digestible.

(Nogueira *et al.*, 2012).

Digestibilidad

Ante la situación planteada, cabe agregar que no toda la PC es digerida, no todos los AA son absorbidos y no todos los AA absorbidos son metabólicamente disponibles (NRC, 2012). Por lo que en la formulación de las dietas se utiliza el coeficiente de digestibilidad ileal estandarizada. Este de acuerdo con Stein *et al.*, (2007) excluye del total de AA ingeridos los AA por pérdida basal y los AA de proteínas producidas y secretadas a la luz intestinal y que no ha sido digeridas ni absorbidas hasta la última porción del íleon. Se ha observado que este coeficiente presenta valores superiores en PC y AA de origen animal a proteínas vegetales (Reis de Souza *et al.*, 2010). Indicando la capacidad de las proteínas para aportar AA en adecuada proporción, que posterior a su digestión, absorción y metabolismo, permitan la síntesis de compuestos útiles para el organismo, como lo hacen el plasma animal y harina de pescado (Montes *et al.*, 2010; NRC, 2012).

Plasma animal deshidratado y pulverizado

El plasma animal es un subproducto que se obtiene de los rastros (aprobados por la inspección federal del país de origen), a partir de la sangre de cerdos y/o bovinos sanos. Cabe destacar, que es procesado en plantas de transformación que aprueban su control de calidad como ingrediente para la alimentación animal (FEDNA, 2010).

Proceso de fabricación:

- Colección de la sangre asépticamente, almacenamiento (3 - 5°C) con anticoagulante (citrato de sodio), y radiación ultravioleta (3000 J/L).
 - Centrifugación (separación del plasma).
 - Filtración (por el método de evaporación o ultrafiltración; 70 y 81% de proteína, 19 y 6% de cenizas respectivamente).
 - Deseccación > 80°C, por el método de atomización (método de secado rápido y de conservación de la actividad biológica de las proteínas plasmáticas, con fluctuaciones de temperatura y presión).
 - Post desecación (20° C por 14 días).
-

Este ingrediente, desde la década de 1980, se ha integrado en las dietas preiniciadoras (FEDNA, 2010) como una fuente de proteína de alta digestibilidad (Zhang *et al.*, 2015) (**Cuadro 2**), con similar perfil de PC al encontrado en la leche materna de la cerda (Pérez – bosque *et al.*, 2016).

Cuadro 2. Composición química y digestibilidad de la PC y AA del plasma animal (Editado de: FEDNA, 2010).

Humedad	Cenizas	Proteína cruda (PC)	Coefficiente de digestibilidad de la PC (%)	Extracto etéreo
8.6	7.6	78	90	0.6
AA	Composición		Digestibilidad ileal estandarizada	
	(% PC)	(%)	(% PC)	(%)
Lisina	8.70	6.79	92	6.25
Metionina	0.93	0.73	90	0.65
Metionina - Cisteína	4.30	3.35	91	3.05
Treonina	5.99	4.67	89	4.16
Triptófano	1.81	1.41	91	1.28
Isoleucina	3.50	2.73	92	2.51
Valina	6.52	5.09	92	4.68
Arginina	5.90	4.60	91	4.19

Con la utilización del plasma animal a bajas inclusiones (4 al 8%) (Torrallardona, 2010; Pérez – bosque *et al.*, 2016), distintos estudios han observado respuesta positiva en el desarrollo de cerdos de destete, al estimular mayor consumo de alimento (Pujols *et al.*, 2016) y mejora en la ganancia diaria de peso y conversión alimenticia (Tran *et al.*, 2014; Torrallardona *et al.*, 2016; Polo *et al.*, 2015), lo que repercute en mejor peso a mercado (Pujols *et al.*, 2016), así como reducción del índice de mortalidad (Cottingim *et al.*, 2017). Aunque este rendimiento se ha observado limitado por el estado sanitario, medicación y edad de los cerdos (Crenshaw *et al.*, 2017; Zhao *et al.*, 2007).

Este efecto benéfico se ha intentado explicar mediante múltiples mecanismos de acción. En este sentido, se ha observado que la fracción proteica del plasma (AA, factores de crecimiento, albumina, globulinas, IgA e IgG, fibrinógeno, poliaminas, etc.), favorece a la microbiota intestinal, la cual repercute positivamente en la digestibilidad de otros nutrientes y la salud intestinal (Hedegaard *et al.*, 2016; Tran *et al.*, 2018). Además, estimula la producción temprana de IgA e IgG (Duffy *et al.*, 2018) y la rápida proliferación de las vellosidades intestinales dañadas durante el destete (Tran *et al.*, 2014; Zhang *et al.*, 2015; Jung *et al.*, 2017).

Esta mejora en la altura de las vellosidades intestinales, según Hu *et al.*, (2014) se asocia a un eficiente uso de la proteína dietaria en su incorporación en diferentes tejidos. Otros estudios han observado que el plasma animal induce en el epitelio intestinal mayor actividad de las enzimas digestivas (amilasa, maltasa y tripsina), lo que indica una mejor habituación a cambios dietarios (Zhang *et al.*, 2015).

Respecto a su porción rica en inmunoglobulinas (> 85% IgG), esta facilita la adaptación a procesos estresantes como los inducidos por patógenos (Pujols *et al.*, 2016). De tal forma que reduce la sobre estimulación de inflamación y daño en la mucosa intestinal, al inhibir (neutralización y opsonización) la adhesión de patógenos coliformes y toxinas, teniendo en consecuencia reducción en la utilización de antibióticos y el costo que conllevan (Pérez – bosque *et al.*, 2016; Hedegaard *et al.*, 2016; Jung *et al.*, 2017).

Con referencia en lo anterior, se previene la inflamación y aumento de la permeabilidad intestinal (Peace *et al.*, 2011), debido al estímulo en la síntesis de citocinas antiinflamatorias (IL - 10), que reducen la activación del tejido linfoide asociado y la expresión de citocinas proinflamatorias (Pérez – bosque *et al.*, 2016; Pierce *et al.*, 2005 citado en Jung *et al.*, 2017). En el mismo sentido se modifica la población de monocitos y macrófagos en las placas de Peyer, linfocitos B en colon y FNT α (Nafrarías *et al.*, 2006; Boyer *et al.*, 2016).

Harina de pescado

En cuanto a la harina de pescado, como fuente de proteína (60 a 72% PC) también es ampliamente utilizada en las dietas preiniciales (Jeong *et al.*, 2015; Cho y Kim, 2011). Estudios recientes le adjudican estimular el consumo de alimento, mejorar el rendimiento productivo y la salud de los cerdos (Koepke *et al.*, 2017; Jones *et al.*, 2015; Sinn *et al.*, 2016; Jones *et al.*, 2018). Incluso puede reemplazar al plasma animal debido a su similar biodisponibilidad (Kim y Easter, 2001), y digestibilidad ileal aparente en su perfil de AA (82.3 ± 4.4 y 82.4 ± 2.8 , $P > 0.05$; plasma animal y harina de pescado respectivamente) (Jeong *et al.*, 2015).

Este producto tiene poca variación en cuanto a su contenido de AA esenciales (**Cuadro 3**) independientemente de su origen (Kim y Easter, 2001); obteniéndose principalmente de Arenque (*Brevoortia spp*), Anchoveta (*Engraulis ringens*), Caballa (*Scomber scombrus*), Sardina (*Sardina spp*), etc. Se produce tras la extracción del aceite de pescado, remanentes de la elaboración de productos de consumo humano o para la industria de la alimentación animal (FEDNA, 2010).

Cuadro 3. Composición química y digestibilidad de la PC y AA de la harina de pescado (Editado de: FEDNA, 2010).

Humedad	Cenizas	Proteína cruda (PC)	Coefficiente de digestibilidad de la PC (%)	Extracto etéreo
7.8	18.5	62.2	89	9.2
AA	Composición		Digestibilidad ileal estandarizada	
	(% PC)	(%)	(% PC)	(%)
Lisina	7.25	4.51	90	4.06
Metionina	2.60	1.62	89	1.44
Metionina - Cisteína	3.40	2.11	87	1.84
Treonina	4.10	2.55	88	2.24
Triptófano	1.00	0.62	86	0.53
Isoleucina	4.10	2.55	90	2.30
Valina	4.80	2.99	89	2.66
Arginina	6.00	3.73	90	3.36

Proceso de fabricación:

- Picado o molido.
- Cocción durante 20 minutos a 85 - 90°C
- Prensado y centrifugado (extracción del aceite).
- Extracción de solubles.
- Deseccación a 70°C (máximo 10% de humedad).

Es importante destacar que este producto cuenta con un perfil de AA similar al tejido corporal de los cerdos, por lo que es ideal con inclusiones del 4 al 8% para la alimentación de cerdos de destete (Lee *et al.*, 2016; Jeong *et al.*, 2015).

Por otra parte, puede desempeñar un efecto modulador en el sistema inmunológico de los cerdos que la consume, por los ácidos grasos ω 3; eicosapentaenoico y docosahexaenoico (EPA y DHA, por sus siglas en inglés), remanentes en muy baja cantidad después de su manufactura, y que han reportado poder reducir niveles de citosinas proinflamatorias como; FNT α , IL - 1, IL - 2, IL - 6 e INF γ (Cho y Kim, 2011).

Sin embargo, se debe aclarar que algunas circunstancias pueden afectar su calidad, como lo son la frescura (< 0.15% de nitrógeno volátil es aceptable), altas temperatura de cocción que pueden generación compuestos de Maillard (grupos aldehídos de los azúcares reaccionan con los grupos aminos libres como el grupo e-amino de la lisina, formándose un complejo amino azúcar que inutilizan la lisina) y los solubles (> 15%). Por otra parte, la actividad microbiana y/o el enranciamiento también pueden hacer variar su calidad y con ello el rendimiento en los cerdos (Jones *et al.*, 2018).

Inconvenientes de las proteínas de origen animal en los preiniciadores

Actualmente el uso de los ingredientes plasma animal y harina pescado se ha cuestionado y/o restringido en algunos países. En cuanto a la harina de pescado y otras fuentes proteicas de origen animal, se han reportado tasas de contaminación por *Salmonella* spp. (Yang *et al.*, 2016; Jiang, 2016). Otro motivo para su

restricción es la sobrepesca de las especies empleadas en su producción, declarada desde el año 2011, por la creciente demanda a nivel mundial (Sinn *et al.*, 2016).

Desde el punto de vista del plasma animal, su utilización ha disminuido en distintos países (China y la Unión Europea), por el supuesto riesgo que implica a la bioseguridad porcícola, ya que se le ha adjudicado contener distintos patógenos, pese a la evidencia que lo muestra como un producto seguro en la alimentación de cerdos, debido a los procesos de manufactura que es sometido.

Dichos procesos, perjudican la viabilidad de bacterias presentes en el alimento e inactivan distintos agentes; como el virus de síndrome respiratorio reproductivo porcino, circovirus, virus de la diarrea epidémica porcina y parvovirus, sin mostrar efecto negativo sobre los componentes del plasma y rendimiento productivo en los cerdos (Cottingim *et al.*, 2017; Pujols y Segalés, 2014; Gerber *et al.*, 2014).

Costos de las fuentes de proteína de origen animal.

El alimento que el cerdo recibe en las dietas preiniciadoras, es el más costoso bajo condiciones intensivas de producción, por lo que este es el principal inconveniente de los ingredientes proteicos antes descritos y tradicionalmente utilizados (Muns y Magowan, 2018).

Sin embargo, el beneficio en mayor consumo de alimento y ganancia de peso por el plasma animal y/o la harina de pescado en los preiniciadores es notorio, ya que durante los primeros días después del destete, el cerdo presenta su mejor capacidad en la vida para convertir el alimento en ganancia de peso (hasta 1.1 kg de alimento / 1 kg de peso ganado) (Águila, 2010), lo que puede reducir el ciclo de engorda (hasta 10 días) (Tokach *et al.*, 1992 citado en Campbell *et al.*, 2013), con un consecuente ahorro de alimento, ya que el consumo en la etapa preinicial solo constituye cerca del 5% de toda la vida del cerdo, si se compara con etapas posteriores (**Figura 3**), cuando el animal es menos eficiente para depositar proteína muscular y requiere un mayor consumo de alimento por kg de peso producido (Douglas *et al.*, 2014; Águila, 2010).

Por otra parte, a pesar de la inclusión relativamente baja de ambos ingredientes, representan un costo 3 a 8 veces mayor comparado con el uso de proteínas vegetales. (Jeong *et al.*, 2015; Yang *et al.*, 2017; Zhang *et al.*, 2015; Águila, 2010).



Figura 3. Porcentaje de consumo de alimento en cada etapa de la alimentación del cerdo. (Tomado de: Águila, 2010).

El alto costo del plasma animal (4 - 5 dólares / kg) y harina de pescado (2 - 3 dólares / kg), se asocia a los procesos de fabricación, manufactura, control de calidad y adecuado perfil de AA esenciales de alta digestibilidad. Por lo que el costo de estos ingredientes es limitante, y aunque distintos estudios han buscado reducir el costo de alimentación (Skinner *et al.*, 2014; Collins *et al.*, 2017; Whang *et al.*, 2000), la mayoría de las veces la conclusión es, que al disminuir la calidad de las dietas preiniciadoras (menor digestibilidad y densidad nutricional), el rendimiento productivo (tasa de crecimiento, consumo de alimento y conversión alimenticia) en esta etapa se reduce, e incrementa el costo de producción total. Lo que ha impulsado el interés de la industria porcina por encontrar un reemplazo (Koepke, *et al.*, 2017; Yang *et al.*, 2017), con similar calidad y digestibilidad proteica, sin sacrificar el rendimiento productivo que garantizan los ingredientes antes descritos (Sinn, *et al.*, 2016).

Levadura como alternativa de proteína animal en dietas preiniciadoras

Actualmente se plantean distintas alternativas como fuentes proteicas para las dietas preiniciales; que como en cualquier ingrediente, se busca que además de ser consistente en el aporte de su perfil de PC (cantidad y calidad), es de interés que sea palatable y con alto grado de digestibilidad. Del mismo modo que sea estable frente a procesos como el peletizado y almacenamiento, así como libre de factores antinutricionales, materiales extraños (fiscos y químicos) y patógenos. Por último, con un valor redituable en el costo por unidad de nutrientes, que permita reducir el costo de alimentación (Nernberg, 2018).

Algunas propuestas contemplan la utilización de microorganismos derivados de procesos de fermentación; a partir bacterias, algas, y levaduras como *Saccharomyces cerevisiae* (Suman *et al.*, 2015 Suárez *et al.*, 2016; Araújo *et al.*, 2006), que Shurson, (2018) plantea como idónea para la alimentación animal.

Las levaduras son organismos unicelulares, eucariontes, pertenecientes al reino fungí. Son heterótrofas, con membrana y pared celular, anaerobias facultativas, y pueden encontrarse fácilmente en sustratos ricos en azúcares (frutas, miel, granos, ensilado, etc.). Algunas pueden ser patógenas (*Candida*, *Cryptococcus*, *Torulopsis* y *Trichosporon*) y algunas benéficas (*Kluyveromyces marxianus*, *Candida utilis*), pero solo algunas se utilizan con fines comerciales (elaboración de pan, probióticos, modelo de investigación científica, etc.), donde destaca *Saccharomyces cerevisiae* (Shurson, 2018).

Una característica importante de *S. cerevisiae* además de su adecuado contenido de vitaminas hidrosolubles, alto contenido de fósforo, bajo aporte de calcio y ausencia de factores antinutricionales (Rodríguez, 2016); es la proporción de PC (**Cuadro 4**) en su citoplasma, que contiene los AA esenciales, con un alto coeficiente de digestibilidad (Shurson, 2018; Vieira *et al.*, 2016).

Cuadro 4. Composición química y digestibilidad de la PC y AA de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*. (Editado de: FEDNA, 2010).

Humedad	Cenizas	Proteína cruda (PC)	Coefficiente de digestibilidad de la PC (%)	Extracto etéreo
8.2	7.0	46.0	85.0	2.0
AA	Composición		Digestibilidad ileal estandarizada	
	(% PC)	(%)	(% PC)	(%)
Lisina	6.70	3.08	79	2.43
Metionina	1.44	0.66	75	0.50
Metionina - Cisteína	2.47	1.14	71	0.81
Treonina	4.54	2.09	74	1.55
Triptófano	1.25	0.58	67	0.39
Isoleucina	4.50	2.07	77	1.59
Valina	4.80	2.21	74	1.63
Arginina	4.50	2.07	79	1.64

Pese a que su cantidad de PC puede variar de acuerdo con las condiciones del cultivo en que crece, cerca de la mitad de su materia seca (MS) es PC (46 a 50%), perfil que es similar al de la soya (Rodríguez, 2016; Suárez *et al.*, 2016).

Estudios recientes (Pereira *et al.*, 2012; Hu *et al.*, 2014; Riguera *et al.*, 2013; Pereira *et al.*, 2016) demuestran similar crecimiento y consumo de alimento en cerdos recién destetados, al utilizar a la levadura *Saccharomyces cerevisiae* como fuente proteica (en presentación de extracto), como sustituto del plasma animal, aunque la obtención de este es un proceso complicado y costoso.

El cultivo de esta levadura se realiza en un medio con materia orgánica (azúcares, minerales, péptidos, etc.) y un pH ideal del 4.5 a 6.5 (Rodríguez, 2016; Suárez *et al.*, 2016). El crecimiento de su biomasa puede realizarse en poco tiempo, bajo condiciones aerobias, ya que mediante el metabolismo oxidativo convierte los azúcares y el oxígeno del medio de cultivo, en CO₂ y energía. Sin embargo, bajo condiciones anaerobias se favorece la conversión de los azúcares (glucosa y sucrosa) en etanol (Shurson, 2018; Bekatorou *et al.*, 2006).

La levadura *S. cerevisiae* para la alimentación animal según Xiong *et al.*, (2014) y Shurson, (2018), puede encontrarse en distintas presentaciones, con distintos potenciales, como lo son:

- Vivas: Utilizada como probiótico.
- Irradiadas: Alto contenido de ergosterol.
- Enriquecidas: Gran aporte de selenio o cromo.
- Cultivo de levadura: Levadura viva más subproductos metabólicos de la fermentación (enzimas, vitaminas).
- Productos de levadura: Cultivo de levadura, pared celular y levadura viva.
- Pared celular: Polisacáridos de la pared utilizados como prebióticos.
- Extracto de levadura: Contenido citoplasmático, péptidos, nucleótidos y AA.
- Levadura seca inactivada: Alto contenido de PC.

Levadura seca inactivada

Se obtiene posterior a su crecimiento, al ser centrifugada, lavada y secada (30 - 60° C /12 - 24 horas), mediante 2 métodos; rodillos rotativos o aspersion (Araújo *et al.*, 2006; Suárez *et al.*, 2016).

Proceso de fabricación:

- Rodillos rotativos: Se realiza contacto directo del cultivo con la superficie de rodillos calientes (200°C).
- Aspersión: Se bombea a las levaduras a una cámara de secado al vacío y se hacen pasar por un cabezal que gira a gran velocidad atomizando pequeñas gotas que secan con un flujo de aire caliente.

Posterior a la inactivación de la levadura *S. cerevisiae* (donde se mata a las células, sin inactivar sus enzimas endógenas), se puede encontrar en el mercado de la alimentación animal como una económica fuente de PC (3.42 dorales / kg) (Ferreira *et al.*, 2010; Bekatorou *et al.*, 2006).

La levadura *S. cerevisiae* posterior a ser ingerida y durante la digestión del cerdo, debe lisarse para exponer sus nutrientes. La lisis se realiza mediante las enzimas

endógenas de la levadura (nucleasas, glucanasas y proteasas), que degradan los ácidos nucleicos a nucleótidos, y las proteínas a péptidos y AA libres, proceso que se completa por la microbiota intestinal que hidroliza la pared celular. (Shurson, 2018).

Al encontrarse los nucleótidos libres (20% de PC de la levadura) y disponibles en la luz intestinal, estos pueden intervenir en la respuesta inmunológica y modulación de la microbiota, así como en la morfología intestinal (Shurson, 2018). Se ha sugerido que, a pesar de la síntesis endógena de nucleótidos, la demanda puede ser superior en procesos estresantes (destete) (Tay, 2015). Aunque el contenido de nucleótidos del *S. cerevisiae* no siempre logra ser determinante (Sauer *et al.*, 2011 citado en Shurson, 2018).

Zhu *et al.*, (2017) mencionan que la PC de levadura *S. cerevisiae* inactiva, mejora el rendimiento productivo, estimula el sistema inmunológico y desarrollo del tracto digestivo en cerdos durante las primeras 3 semanas posteriores al destete. Con incremento en niveles de IgA en yeyuno, menor número de coliformes y reducción de pH en íleon y colon.

Respecto a la pared celular (15 - 40% de la MS de la levadura *S. cerevisiae*), conformada por quitina (1%), proteínas (10 - 15%) y polisacáridos (80 - 90%), como los β - 1,3 glucanos con ramificaciones β - 1,6 y los α - 1,6 mananos con cadenas laterales α - 1,2 (FEDNA, 2010; Piotrowska y Masek, 2015; Suárez *et al.*, 2016), son compuestos indigestibles, por lo que tiene un potencial prebiótico (Halas y Nochta, 2012), que en distintas especies han comprobado un efecto benéfico en la microbiota intestinal y mejora en la velocidad de crecimiento (Spring *et al.*, 2015 citado en Shurson, 2018). Algunos estudios aseguran que los α - 1,6 mananos reducen el estrés oxidativo (estimulación de enzimas: catalasa, glutatión peroxidasa, superóxido dismutasa) (Liu *et al.*, 2017), y limitan la colonización de patógenos en el tracto intestinal al adsorber y aglutinar virus, bacterias y micotoxinas (Ocratoxina A, aflatoxina A, toxina T2 y zeralenona) (Piotrowska y Masek, 2015).

Por otra parte, los β - 1,3 glucanos son capaces de modular receptores de células M, que transportan macromoléculas en las placas de Peyer e incrementan la expresión citocinas antiinflamatorias. (Suzuki *et al.*, 1990 citado en Shurson, 2018; Vieira *et al.*, 2016).

Finalmente, las ventajas o inconvenientes, entre levadura *S. cerevisiae* viva e inactiva, en la alimentación de cerdos, no es conocida del todo (LeMieux *et al.*, 2015; Araújo *et al.*, 2006), así como tampoco su efecto al sustituir proteínas de origen animal.

Sin embargo, ofrecer la levadura *S. cerevisiae* inactiva evita la problemática que implica asegurar su viabilidad, esto sin afectar su contenido de PC y sin perder la capacidad ligante hacia las micotoxinas y la modulación inmunológica, por parte de los componentes de su pared. Lo anterior se debe a que estos componentes se mantienen biológicamente activos al no depender del metabolismo (Halas y Nochta, 2012), además de contener compuestos fenólicos (capacidad antioxidante) que pueden repercutir en la salud y rendimiento productivo del cerdo (Vieira *et al.*, 2016).

JUSTIFICACIÓN

En el presente estudio se pretende determinar el efecto que una fuente de proteína fúngica proveniente de la levadura *S. cerevisiae* tiene sobre el crecimiento de cerdos destetados, cuando es utilizada para reemplazar parcialmente los ingredientes proteicos, plasma animal y harina de pescado; tradicionalmente utilizados en las dietas preiniciadoras. Ambos productos tienen un precio elevado, por lo que una menor inclusión en la dieta conllevaría una reducción en el costo de alimentación animal.

HIPÓTESIS

La sustitución parcial de proteínas provenientes de fuentes tradicionales por proteína de origen fúngico no afectará el rendimiento productivo de los cerdos recién destetados.

OBJETIVO

Determinar el efecto que la fuente de proteína fúngica de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* tiene sobre el crecimiento de cerdos recién destetados, mediante el reemplazo parcial de los ingredientes proteicos, plasma animal y harina de pescado; utilizados en las dietas preiniciadoras. Para reducir la cantidad de productos de precio elevado.

MATERIAL Y MÉTODOS

Ubicación de la granja

El estudio se realizó en el sitio II de una granja comercial porcina, de la región de los altos Sur, ubicada en el municipio de Arandas, Estado de Jalisco. Con coordenadas $20^{\circ} 44'45.0''$ latitud norte y $102^{\circ}12'21.3''$ latitud oeste, a una altitud de 2262 a 2000 m.s.n.m (**Figura 4**). El clima se clasifica como semiseco, con temperatura media anual de 19° C, y precipitación media de 888.1 m.m. La granja cuenta con 4 naves de destete con 8 salas cada una.



Figura 4. Ubicación de la granja.

Instalaciones

Para el estudio se utilizaron 2 salas de destete, cada una con 12 corrales, donde se alojó a los cerdos (16 animales/ corral), desde la fecha de destete y hasta los 68 días de edad. Cada corral contó con bebederos de chupón (2 / corral), con flujo de agua de 0.5 -1L / minuto, piso de Slat y una dimensión de 3 x 1.75 metros, lo cual proporcionó el espacio vital recomendado para esta etapa de producción (0.32 m² / cerdo) (**Figura 5**).



Figura 5. Corrales utilizados durante el estudio.

Desde la recepción de los animales, se utilizaron lámparas infrarrojas incandescentes y criadoras como fuentes de calor, colocadas arriba de un tapete que se retiró al final de la segunda semana de estancia. Durante los primeros 5 días de estancia en cada corral se colocó un comedero y bebedero especialmente diseñados para cerdos de esta edad y peso.

La temperatura máxima y mínima de cada sala se registró y reguló diariamente, por medio de ventiladores, extractores de aire y termómetros. Procurando mantener una temperatura promedio de 29° C durante la primera semana, y reduciendo 1°C por semana hasta llegar a los 22 - 23 ° C (**Figura 6 y 7**).

A pesar de que la instalación estaba equipada con un sistema automático de alimentación, durante todo el periodo experimental la alimentación se realizó de forma manual, registrando la cantidad de alimento administrado.

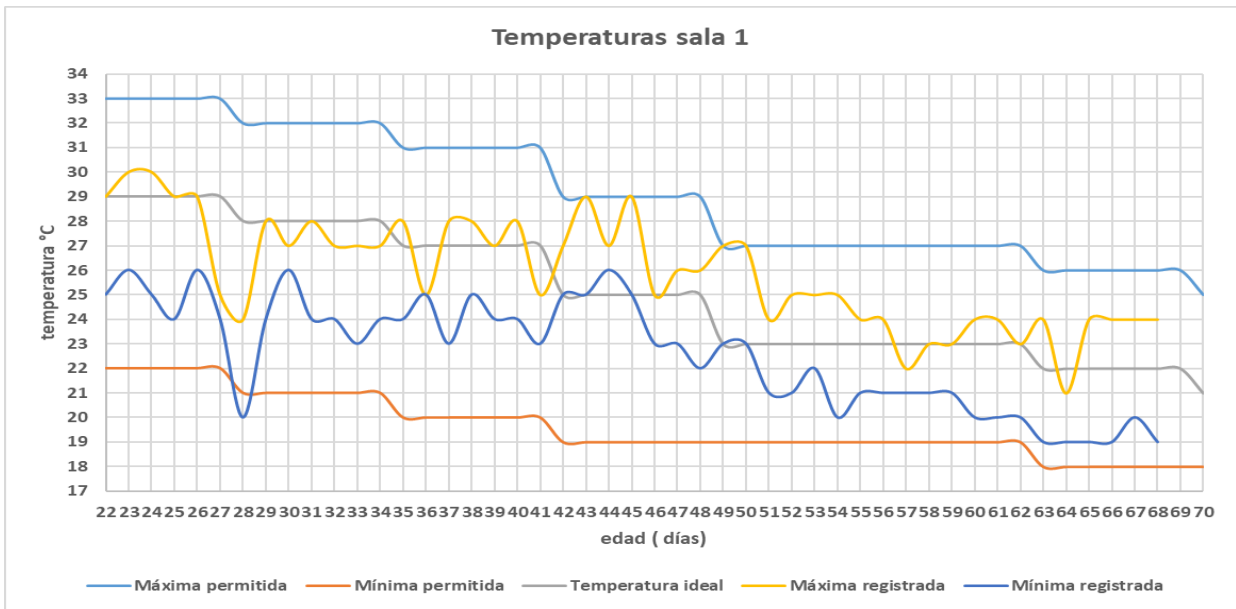


Figura 6. Temperaturas máximas y mínimas de sala 1.

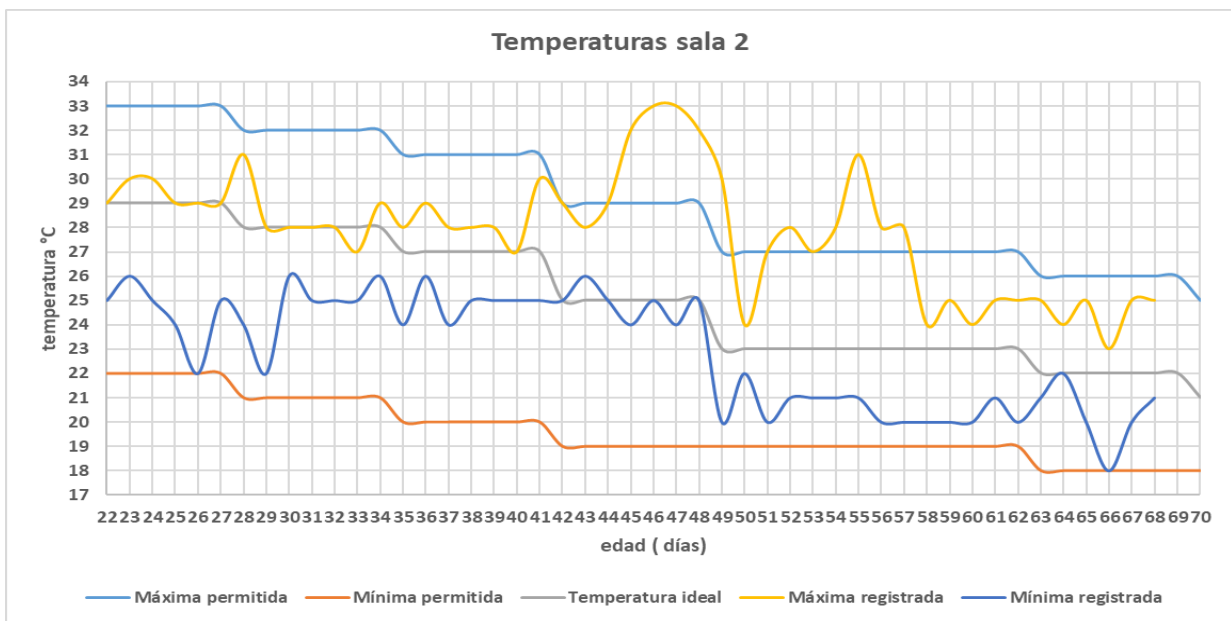


Figura 7. Temperaturas máximas y mínimas de sala 2

Animales

En el estudio se utilizaron 384 cerdos, hembras y machos (Yorkshire X Landrace, PIC EE. UU.), con peso promedio inicial de 6.13 ± 0.5 Kg, los cuales se destetaron a los 22 ± 1 días de edad. Al inicio de la prueba, todos los cerdos se pesaron e identificaron individualmente, mediante un arete numérico colocado en la oreja (**Figura 8**). Los cerdos se alojaron en los corrales experimentales de acuerdo con su peso y sexo. Los corrales experimentales se conformaron por dos corrales contiguos, uno con 16 machos y otro con 16 hembras, con un comedero corral.



Figura 8. Identificación de animales para el estudio

Durante la realización de la prueba todos los cerdos recibieron el manejo estándar de la granja de acuerdo al **Cuadro 5**, y se siguió el calendario de vacunación, así como el tratamiento médico correspondiente a los cerdos que lo requirieron.

Cuadro 5. Manejo en granja.

Día de prueba	Edad (días)	Procedimiento	Vía de administración	Producto comercial	Principio activo / agente	Dosis
-	22-28		Oral (agua de bebida)	Electrodex®	Cada 1,000 g contienen: Ácido ascórbico 50 g Ácido acetilsalicílico 62.5 g Cloruro de sodio 128 g Cloruro de potasio 128 g	1 gr / L
-	22-28	Acidificación	Oral (agua de bebida)	ADIDPRO WATER®	Ácidos orgánicos: Ácido cítrico 231 g Ácido acético 6.9 g	1L / 1000 L
-	22-28	Medicación	Oral (agua de bebida)	amoxipro-500®	Amoxicilina trihidratada 500 g / 1000 g	400 gr / 1000 L
1	27	Medicación	Oral (agua de bebida)	termovet®	Ácido acetilsalicílico 400 mg/ ml	1ml / L
2	28	Vacunación	I.M	PRRS MLV®	Virus activo PRRS	2 ml (10 ^{4.5}) / cerdo
2	28	Bacterinización	I.M	SUISBACT®	<i>Haemophilus parasuis</i> inactivo serotipo 4 y <i>Streptococcus suis</i> serotipo 2	2ml / cerdo
3	29	Medicación	Oral (agua de bebida)	Termovet®	Ácido acetilsalicílico 400 mg/ ml	1ml / L
0	33	Vacunación	I.M	Circoflex®	Circovirus porcino inactivo tipo 2	2ml / cerdo
6	33	Bacterinización	I.M	Mycoflex®	Bacteria inactiva <i>Mycoplasma hyopneumoniae</i>	2ml / cerdo
32-37	59-64	Medicación	Oral (agua de bebida)	HIPRADOXIS®	Doxiciclina 100 mg / ml	1ml / L
32-37	59-64	Medicación	Oral (agua de bebida)	FLORAN 10®	Florfenicol 100 mg / ml	20 mg / kg peso

Alimentación

Todos los cerdos de la granja recibieron una misma dieta semi - líquida, durante los primeros 5 días de estancia, tiempo en que observó su condición clínica y se seleccionó a los animales del estudio. Posteriormente, durante el periodo experimental (27– 68 días de vida o 41 días de prueba) el alimento se proporcionó *ad libitum* en forma de pellet (300 – 400 µm), utilizando comederos tipo tolva con 4 bocas (**Figura 9**) y libre acceso al agua.



Figura 9. Comedero corral.

Tratamientos experimentales

Los cerdos se asignaron aleatoriamente a 4 dietas preiniciadoras (**Cuadro 6**) con 3 réplicas para cada una. Las dietas fueron homogéneas respecto al perfil de energía y aminoácidos, distribuyéndose de la siguiente manera:

- 1) Programa de alimentación con plasma animal (PL).
- 2) Programa de alimentación con harina de pescado (HP).
- 3) Programa de alimentación con levadura seca inactivada sustituyendo en 50% la inclusión de plasma animal (PL + LI).
- 4) Programa de alimentación con levadura seca inactivada sustituyendo en 50% la inclusión de harina de pescado (HP + LI).

Cuadro 6. Inclusión de los tratamientos en las dietas experimentales

Fase	Fuente proteica	PL	HP	PL + LI	HP + LI
1	HP	-	7%	-	3.5%
	PL	4%	-	2%	-
	LI	-	-	2%	3.5%
2	HP	-	4%	-	2%
	PL	2%	-	1%	-
	LI	-	-	1%	2%
3	HP	-	2%	-	1%
	PL	1%	-	0.5%	-
	LI	-	-	0.5%	1%

PL = Plasma animal; HP = Harina de pescado; LI = levadura inactiva; PL + LI = 50% PL + 50% LI; HP + LI = 50% HP + 50% LI.

Los preiniciadores experimentales se administraron en 3 fases. Cada fase fue formulada para cubrir el requerimiento nutricional de los cerdos de acuerdo con su peso y edad. La duración de las fases alimenticias fue determinada por el tiempo que los cerdos tomaron para consumir su presupuesto de alimentación, con el objetivo de alcanzar un peso meta para cada una de acuerdo con el **Cuadro 7**.

El presupuesto de alimentación para cada fase se calculó con la siguiente ecuación y la CA del **Cuadro 7**.

$$PA = (PF - PI) (CA) \text{ (número de animales para cada comedero)}$$

Donde:

- PA = Presupuesto de alimento.
- PF= Peso meta final.
- PI = Peso promedio inicial.
- CA= Conversión alimenticia esperada

Cuadro 7. Peso meta en cada fase alimenticia

FASE	Peso meta	CA esperada
FASE 1	6 - 9 kg	1.1: 1
FASE 2	9 - 12 kg	1.25: 1
FASE 3	12 - 25 kg	1.45: 1

Variables productivas para analizar

Se realizó el pesaje de los animales de manera individual, con una báscula digital (IPASA ®) con capacidad máxima de 150 kg. Este parámetro se tomó al inicio de la prueba y en cada cambio de fase alimenticia, hasta terminar los 41 días de prueba (68 días de edad), realizando un total de 4 pesajes. Posteriormente con las mediciones de los pesajes y el consumo de alimento se realizó el análisis de las siguientes variables (Bereskin, 1986 y Mc Phee, 1981 citados en McCormack, 2017), para los 4 tratamientos en sus 3 fases. Ganancia diaria de peso (GDP)= peso final menos peso inicial dividido entre los días de alimentación; Consumo diario de alimento (CDA) = alimento consumido entre los días de alimentación; Conversión alimenticia (CA) = alimento consumido entre el peso ganado. Simultáneamente, durante cada fase la estimación de la incidencia de diarrea se realizó según la metodología descrita por Liu *et al.*, (2017) de acuerdo con la siguiente ecuación.

$$\text{Tasa de Incidencia de diarrea} = \left[\frac{\# \text{ cerdos con diarrea} \times \# \text{ días con diarrea}}{\text{total de cerdos} \times \text{días de la prueba}} \right] \times 100$$

Análisis estadístico

Los resultados de las variables fueron evaluados para determinar el efecto de los tratamientos en el rendimiento productivo de los cerdos en cada fase alimenticia. Para el análisis de las variables CA y CDA la unidad experimental fue el corral (16 machos y 16 hembras, con un comedero corral) y para la variable GDP y peso corporal fue el cerdo. Se realizó un análisis descriptivo de las variables del estudio. Posteriormente se empleó el análisis de varianza para el diseño de mediciones repetidas, que permitiera comparar los tratamientos por fase. Los resultados de las pruebas se consideraron significativos cuando $P < 0.05$ y tendencia hacia la significancia $0.05 \geq P \geq 0.10$

El modelo empleado para analizar la GDP y peso corporal, por fase de alimentación, incluyó el efecto de fase, réplica y del tratamiento. En cuanto a las variables CA y CDA el modelo considero el efecto del tratamiento y de fase. Para el análisis se utilizó el paquete estadístico SAS 9.1, 2003 (SAS Inst. Inc., Cary, NC).

RESULTADOS

Algunos animales por su retraso en crecimiento debido a enfermedad fueron eliminados de la prueba. Estos animales fueron descartados del análisis de resultados, utilizando los animales de acuerdo con el **Cuadro 8**.

Cuadro 8. Animales al inicio y final del estudio.				
Tratamiento	PL	HP	PL + LI	HP + LI
Animales al inicio de la prueba.	96	96	96	96
Animales al final de la prueba.	85	84	86	85

FASE 1

Los resultados obtenidos para las variables del rendimiento productivo durante la fase 1 se muestran en el **Cuadro 9**.

El peso inicial de los grupos experimentales difiere estadísticamente entre sí ($P < 0.05$), sin embargo, en el peso final de esta fase (9.51, 9.52, 9.59 y 9.57 kg para los tratamientos PL, HP, PL +LI y HP +LI respectivamente), no se encuentran diferencias ($P > 0.05$) entre los tratamientos.

En relación con el porcentaje de incremento de peso al final de la fase 1, el tratamiento HP + LI mostró mayor incremento respecto a los tratamientos PL ($P = 0.0001$), HP ($P = 0.001$) y PL + LI ($P = 0.003$) (65.14% vs 49.62%, 53.68% y 59.09% respectivamente). Los tratamientos PL y HP tendieron a ser diferentes entre sí ($P = 0.0507$). En concordancia los cerdos que recibieron la dieta conteniendo 50% de HP y 50% de proteína de levadura (tratamiento 4), mostraron la mejor ganancia de peso total respecto a la dieta conteniendo únicamente PL y HP ($P < .05$), y la dieta en donde se sustituyó parcialmente el PL (tratamiento 3) ($P > .05$). Esta ganancia fue 20%, 13% y 5% superior, respectivamente.

Estos resultados se deben al consumo de alimento total, para esta fase los cerdos que recibieron el consumo con la dieta HP + LI fue superior respecto al resto de los tratamientos experimentales, registrándose diferencias del 16% ($P = 0.003$),

11% ($P = 0.013$) y 8% ($P = 0.539$), con los tratamientos 1, 2 y 3, respectivamente. Incremento en 7% ($P = 0.064$) el consumo para los cerdos del tratamiento PL + LI en comparación con los animales pertenecientes al tratamiento PL (3.60 vs 3.35 kg/d).

Para esta fase los resultados anteriores pueden verse influidos por el peso inicial y los días de alimentación de cada replica y tratamiento, sin embargo, el análisis de las variables CDA, GDP y CA permiten eliminar el efecto de estos factores al considerar el crecimiento y consumo por día, haciéndolos comparables entre sí.

En cuanto al consumo diario de alimento (CDA) de los cerdos pertenecientes al tratamiento PL, comparado el tratamiento en donde se reemplazó en 50% con levadura inactiva la inclusión completa del plasma animal (tratamiento 3), (277 vs 262 g/d respectivamente), este último redujo ($P = 0.076$) en 5.42% este parámetro. En el mismo sentido el CDA con la dieta HP + LI fue diferente ($P > 0.05$) en 1.4% al tratamiento HP (270 vs 274 g/d). La GDP en esta fase entre los tratamientos PL, HP, PL + LI y HP + LI (257, 258, 256 y 257 g/d respectivamente), no reflejó diferencias numéricas (0%) ni estadísticas, mostrando que todas las dietas para esta fase fueron capaces de alcanzar las mismas tasas de crecimiento.

Es importante mencionar que la mejor eficiencia para aprovechar el alimento consumido convirtiéndolo en ganancia de peso se observó en los cerdos que recibieron la dieta PL + LI. Dicha CA fue 5% ($P = 0.047$), 4% ($P > .05$) y 2% ($P > .05$) inferior respecto a los tratamientos 1, 2 y 4 (1.02 vs 1.07, 1.06 y 1.04 para los tratamientos 3, 1, 2 y 4 respectivamente). Al comparar la CA del grupo con la dieta conteniendo HP con la dieta con HP + LI, esta última fue menor en 2%.

Respecto a la tasa de diarrea, se mostró una ligera incidencia del 0.37% y 0.42% respectivamente para los cerdos pertenecientes a las dietas con PL + LI y HP.

Cuadro 9. Efecto de los tratamientos sobre los parámetros productivos en la Fase 1.

Parámetro	Tratamiento			
	PL	HP	PL + LI	HP + LI
Peso inicial, kg	6.39 ± 0.01 ^d	6.22 ± 0.01 ^c	6.06 ± 0.01 ^b	5.85 ± 0.01 ^a
Peso final, kg	9.51 ± 0.08	9.52 ± 0.08	9.59 ± 0.087	9.57 ± 0.087
Incremento de peso, %	49.62 ± 1.45 ^x	53.68 ± 1.46 ^y	59.09 ± 1.45 ^b	65.14 ± 1.45 ^c
Consumo, kg	3.35 ± 0.08 ^{ax}	3.48 ± 0.08 ^a	3.6 ± 0.08 ^{aby}	3.88 ± 0.08 ^{bx}
Ganancia de peso, kg	3.10 ± 0.08 ^a	3.29 ± 0.08 ^a	3.52 ± 0.08 ^b	3.71 ± 0.08 ^b
CDA, g	277 ± 0.004 ^y	274 ± 0.004	262 ± 0.004 ^x	270 ± 0.004
GDP, g	257 ± 0.006	258 ± 0.006	256 ± 0.006	257 ± 0.006
CA	1.07 ± 0.01 ^{bc}	1.06 ± 0.01 ^{ac}	1.02 ± 0.01 ^a	1.04 ± 0.01 ^{ac}
Tasa de diarrea, %	0	0.37	0.42	0

PL = Plasma animal; HP = Harina de pescado; LI = levadura inactiva; PL+ LI = 50% PL + 50% LI; HP + LI = 50% HP + 50% LI. CDA = Consumo diario de alimento; GDP = Ganancia diaria de peso; CA = Conversión alimenticia. Valores expresados como medias ± E.E.

^{a,b,c,d} Medias en la misma fila con diferentes superíndices difieren estadísticamente (P < 0.05).

^{x,y,z} Medias en la misma fila con diferentes superíndices son considerados tendencia (P < 0.1). Periodo experimental: día 1 a 13 ± 2 (edad: 27- 40 ± 2 días).

FASE 2

EL **Cuadro 10** describe los resultados que se encontraron en el estudio entre los días 40 al 47 de edad (día 14 al 20 después del destete).

Los cerdos que recibieron la dieta conteniendo harina de pescado (tratamiento 2), mostraron un consumo de alimento total que fue 10% mayor ($P = 0.089$), respecto al observado en los cerdos alimentados con la dieta conteniendo únicamente plasma animal (3.73 vs. 3.40 Kg, para tratamientos 2 y 1, respectivamente). Esta diferencia fue 2 y 6% mayor ($P > .05$), respecto al consumo observado en los tratamientos 3 y 4, respectivamente (3.73 Kg vs. 3.64 y 3.49 Kg, para tratamientos 2, 3 y 4, respectivamente). Este mayor consumo de alimento total concuerda con la cantidad de peso ganado total durante la fase, la cual fue máxima ($P < 0.0001$), para los cerdos que recibieron la dieta conteniendo únicamente HP (tratamiento 2), y mínima para los cerdos que recibieron el alimento en donde la HP se combinaba con la fuente de proteína fúngica (tratamiento 4), con una diferencia entre ambos del 15%. En el mismo sentido la ganancia total de peso (kg) fue mayor para el tratamiento HP que para los tratamientos PL y PL + LI en 14.5% ($P = 0.002$) y 8% ($P = 0.022$) respectivamente. Esto se observa reflejado en el incremento de peso (%), que es mayor para el tratamiento HP (35.9%) ($P < 0.05$) respectivamente comparado con los tratamientos PL, PL + LI y HP + LI, lo cuales no difieren ($P > 0.05$) entre si (31.1%, 32.7% y 30.8% respectivamente).

Al realizar el análisis de manera diaria, la variable consumo diario de alimento (CDA) de los tratamientos HP, PL + LI y HP + LI expone una reducción ($P > 0.05$) del 7%, 15% y 10% respectivamente, al ser comparados con el tratamiento PL. Simultáneamente el CDA del tratamiento HP y su reemplazo parcial con la levadura inactiva (HP + LI) fue solo numéricamente diferente ($P > 0.05$) en 2.4%.

Es de recalcar que para la variable ganancia diaria de peso (GDP), el valor más alto correspondió al de los cerdos que consumieron la dieta con plasma animal (tratamiento 1), seguido de los cerdos pertenecientes al tratamiento 2 (HP), estos tratamientos solo difieren numéricamente en 1.2% (470 vs 464 kg/d; $P > 0.05$). La

GDP entre los tratamientos PL + LI y HP + LI ($P > 0.05$) fue diferente en 3%. Sin embargo, la GDP se observó con reducciones en donde las fuentes de proteína PL y HP fueron sustituidas parcialmente con la fuente de proteína fúngica. El tratamiento PL + LI (407 g) mostró una GDP 15% menor ($P < 0.001$) que para el tratamiento PL (470 g). El tratamiento HP + LI (418 g) mostró reducción en la GDP ($P = 0.003$) del 11% respecto al tratamiento HP (464 g).

Al final de la fase 2, la conversión alimenticia observada estuvo apegada a la reportada para esta etapa en los cerdos criados bajo condiciones intensivas de producción. El tratamiento 2 (Harina de pescado, únicamente), fue mejor ($P > .05$), respecto al resto de los tratamientos experimentales (1.10 vs. 1.15, 1.17 y 1.20, para los tratamientos 2, 1, 3 y 4, respectivamente). Estos datos implican que los cerdos alimentados con la dieta conteniendo solo harina de pescado (tratamiento 2), tuvieron un CA que fue 4, 6 y 8% inferior a la observada en los cerdos de los tratamientos 1, 3 y 4, respectivamente.

Es importante mencionar que, para todos los tratamientos experimentales, el peso al final de la etapa fue el que se esperaba para una dieta del tipo utilizado durante la fase 2, lo cual implica que en todos los tratamientos el balance de energía, aminoácidos y otros nutrientes fue el adecuado para estimular el potencial de crecimiento de un cerdo de esta edad y peso.

Cuadro 10. Efecto de los tratamientos sobre los parámetros productivos en la Fase 2.

Parámetro	Tratamiento			
	PL	HP	PL + LI	HP + LI
Peso inicial, kg	9.51 ± 0.08	9.52 ± 0.08	9.59 ± 0.087	9.57 ± 0.087
Peso final, kg	12.46 ± 0.1 ^a	12.93 ± 0.1 ^b	12.71±0.1 ^{ab}	12.49±0.1 ^a
Incremento de peso, %	31.12 ± 0.8 ^a	35.90 ± 0.8 ^b	32.77 ± 0.8 ^a	30.89 ± 0.8 ^a
Consumo, kg	3.40 ± 0.11 ^x	3.73 ± 0.11 ^y	3.64 ± 0.11	3.49 ± 0.11
Ganancia de peso, kg	2.95 ± 0.08 ^a	3.38 ± 0.08 ^b	3.12 ± 0.08 ^{ax}	2.92 ± 0.08 ^{ay}
CDA, g	547 ± 0.02	510 ± 0.02	475 ± 0.02	498 ± 0.02
GDP, g	470 ± 0.01 ^b	464 ± 0.01 ^b	407 ± 0.01 ^a	418 ± 0.01 ^a
CA	1.15 ± 0.04	1.10 ± 0.04	1.17 ± 0.04	1.20 ± 0.04
Tasa de diarrea, %	0	0	0	0

PL = Plasma animal; HP = Harina de pescado; LI = levadura inactiva; PL+ LI = 50% PL + 50% LI; HP + LI= 50% HP + 50% LI. CDA = Consumo diario de alimento; GDP = Ganancia diaria de peso; CA = Conversión alimenticia. Valores expresados como medias ± E.E.

^{a,b,c,d} Medias en la misma fila con diferentes superíndices difieren estadísticamente (P < 0.05).

^{x,y,z} Medias en la misma fila con diferentes superíndices son considerados tendencia (P < 0.1).
Periodo experimental: día 14 a 20 ± 1 (edad: 40 ± 2 – 47 ± 1 días).

Fase 3

En el **Cuadro 11** se presenta el desempeño productivo de los cerdos durante la fase 3 (día 21 a 41 post destete o día 47 a 68 de edad). Al final de dicho periodo, el peso alcanzado por los animales en todos los grupos experimentales estuvo por debajo del parámetro observado para las granjas dedicadas a la producción intensiva de esta especie y que se ubica en alrededor de los 25 a 27 Kg de peso. Una de las posibles causas para este menor rendimiento parece ser la presencia de infecciones virales en todo el grupo de animales, así como la presentación de casos de diarrea, la cual tuvo una incidencia del 2.99%, 5.10%, 6.98% y 4.41% para los tratamientos PL, HP, PL +LI y HP + LI respectivamente. Adicionalmente es importante mencionar que ningún tratamiento consumió el total de su presupuesto alimenticio en esta fase, por motivos ajenos a la prueba.

El peso más alto registrado al final de la fase 3 correspondió a los cerdos que recibieron las dietas PL y HP (tratamientos 1 y 2, respectivamente). Entre ambos grupos este parámetro fue similar ($P > .05$), pero diferente ($P < .05$) para los tratamientos en donde se adicionó a la proteína fúngica para sustituir parcialmente al PL y la HP. En estos últimos tratamientos, se registró una diferencia ($P < .05$) entre tratamientos, correspondiendo la menor ganancia a los cerdos que recibieron la dieta HP + LI. Dicha diferencia fue 6% menor para los cerdos de este último tratamiento, comparado con la de los que recibieron la dieta PL + LI (tratamiento 3) (22.68 vs. 21.25 Kg, respectivamente). La diferencia de peso de los tratamientos PL y HP fue de 0.8 Kg respecto a los cerdos del tratamiento 3 (PL + LI), y de 2.2 Kg para los que recibieron la dieta HP + LI (tratamiento 4). Lo que corresponde con el incremento de peso (%), ya que resulta mayor para el tratamiento PL ($P < 0.05$) comparado con los tratamientos HP, PL + LI y HP + LI. Los tratamientos HP y PL + LI no muestran diferencia ($P = 0.17$), sin embargo, el tratamiento HP + LI mostró el menor incremento de peso respecto a los demás tratamientos ($P < 0.05$).

El consumo de alimento entre tratamientos fue diferente al patrón observado en la ganancia de peso. Los animales con la dieta PL (tratamiento 1), consumieron más

alimento que el resto de los cerdos en los diferentes tratamientos. Esta diferencia fue del 9% ($P = 0.285$) respecto a los cerdos que recibieron la dieta HP, 21% ($P = 0.051$) para PL + LI y 19% ($P = 0.066$) para HP + LI.

La ganancia de peso total del tratamiento HP + LI se muestra menor comparado con los tratamientos PL, HP y PL + LI ($P < 0.0001$). En el mismo sentido para el tratamiento PL la ganancia de peso total de esta fase es mayor que para el tratamiento con HP en 5% ($P = 0.12$), para el grupo PL + LI con 11 % ($P = 0.0007$) y que para el tratamiento HP + LI en 25.5% ($P < 0.0001$).

Los resultados de esta fase como se mencionó anteriormente pueden en parte ser adjudicado a que ningún tratamiento termino de consumir su presupuesto alimenticio, en consecuencia, a motivos administrativos de la granja donde se realizó el estudio. Sin embargo, los parámetros CDA, GDP y CA permiten a los tratamientos ser analizados y comparables entre sí.

Para el consumo diario de alimento (CDA) entre los grupos PL y PL + LI existe una diferencia del 5% (839 vs 789 g/d, $P > 0.05$). Similarmente, la diferencia ($P > 0.05$) entre los cerdos pertenecientes a los grupos HP y HP + LI fue del 3% (819 vs 796 g/d). Sin embargo, al realizar la comparación de todos los tratamientos, el CDA de los cerdos con la dieta PL para en esta fase fue 2.5%, 6% y 5.4% mayor ($P > 0.05$) que para el resto de los tratamientos (HP, PL + LI y HP + LI respectivamente).

Interesantemente, la GDP fue máxima para los cerdos alimentados con la dieta en donde el plasma fue sustituido parcialmente con proteína fúngica (PL + LI, tratamiento 3), siendo este valor 3% ($P > .05$), 1% ($P > .05$) y 14% ($P < .0001$) mayor para los animales de este tratamiento respecto a los tratamientos 1, 2 y 4 (506 vs. 492, 500 y 442 kg/d, respectivamente). La diferencia ($P < 0.001$) entre el tratamiento HP y su reemplazo parcial con levadura (HP + LI) fue del 12%. La menor GDP corresponde a este último y concuerda con el bajo consumo de alimento comparado con el resto de los tratamientos experimentales.

Es de resaltar que la mejor conversión del alimento en ganancia de peso se observó en aquellos que recibieron la dieta en donde el plasma se sustituyó

parcialmente con proteína de levadura (PL + LI, Trt 3), siendo el único grupo que tuvo una CA cercana a la recomendada para los cerdos criados de manera intensiva (1.5). La CA del tratamiento PL + LI fue diferente ($P = 0.069$) en 8% comparado con el grupo PL (1.56 vs 1.70 respectivamente) y mostro reducir este parámetro en 5% ($P > 0.05$) y 13% ($P = 0.0109$) respecto al resto de los tratamientos (HP y HP + LI). La CA más alta en esta etapa correspondió al tratamiento 4 (HP + LI), siendo diferente ($P = 0.057$) en 9% con el tratamiento HP (1.79 vs 1.64 respectivamente) y con valores intermedios para el resto de los tratamientos experimentales (1.70, 1.64, 1.56 y 1.79 para tratamientos PL, HP, PL + LI y HP + LI, respectivamente).

Cuadro 11. Efecto de los tratamientos sobre los parámetros productivos en la Fase 3.

Parámetro	Tratamiento			
	PL	HP	PL + LI	HP + LI
Peso inicial, kg	12.46 ± 0.1 ^a	12.93 ± 0.1 ^b	12.71±0.1 ^{ab}	12.49±0.1 ^a
Peso final, kg	23.4 ± 0.2 ^c	23.4 ± 0.2 ^{bcy}	22.6 ± 0.2 ^{bx}	21.2 ± 0.2 ^a
Incremento de peso, %	88.32 ± 1.64 ^c	81.86 ± 1.65 ^b	78.69 ± 1.63 ^b	70.3 ± 1.64 ^a
Consumo, kg	18.76 ± 0.93 ^y	17.21 ± 0.93	15.55 ± 0.93 ^x	15.8 ± 0.93 ^x
Ganancia de peso, kg	11.00 ± 0.2 ^c	10.53 ± 0.2 ^{bcy}	9.96 ± 0.2 ^{bx}	8.76 ± 0.2 ^a
CDA, g	839 ± 0.02	819 ± 0.02	789±0.02	796±0.02
GDP, g	492 ± 0.01 ^{bc}	500 ± 0.01 ^c	506 ± 0.01 ^c	442 ± 0.01 ^a
CA	1.70 ± 0.04 ^{abx}	1.64 ± 0.04 ^{acx}	1.56 ± 0.04 ^{ay}	1.79 ± 0.04 ^{bcy}
Tasa de diarrea, %	2.99	5.10	6.98	4.41

PL = Plasma animal; HP = Harina de pescado; LI = levadura inactiva; PL+ LI = 50% PL + 50% LI; HP + LI = 50% HP + 50% LI. CDA = Consumo diario de alimento; GDP = Ganancia diaria de peso; CA = Conversión alimenticia. Valores expresados como medias ± E.E.

^{a,b,c,d} Medias en la misma fila con diferentes superíndices difieren estadísticamente (P < 0.05).

^{x,y,z} Medias en la misma fila con diferentes superíndices son considerados tendencia (P < 0.1). Periodo experimental: día 21 a 41 ± 2 (edad: 47 ± 1 – 68 días).

Análisis Global.

Cuando se analiza el periodo experimental desde el inicio de la prueba (27 días de edad), y hasta el final de la fase 3 (68 días de vida), los resultados son los siguientes (**Cuadro 12**). En cuanto al incremento de peso (%), los tratamientos 2 y 3 (HP y PL + LI, respectivamente), fueron los que mayor peso ganaron, seguidos de la dieta 1 y 4 (278.8, 275.5, 268.3, y 263.9 %; para tratamientos HP, PL + LI, PL, HP + LI respectivamente). El incremento de peso entre los diferentes tratamientos experimentales equivalió en promedio a 3.7 veces el valor registrado al inicio del estudio (6.1 vs. 22.7 Kg, para todos los tratamientos). EL tratamiento HP + LI fue el que menor peso acumuló, al registrar una diferencia del 10% ($P < 0.001$) con los tratamientos PL y HP, y del 7% ($P = 0.0019$) con el tratamiento PL + LI. Estos últimos 3 tratamientos no muestran diferencia entre si ($P > 0.05$), (15.40 vs 17.06, 17.20 y 16.61 Kg; para los tratamientos 4, 1, 2 y 3, respectivamente).

Es de llamar la atención que el peso obtenido al final de la prueba entre los tratamientos en donde la proteína de levadura fue utilizada, mostró una diferencia ($P < .05$), 7% a favor de los cerdos alimentados con la dieta PL + LI (22.68 vs. 21.25 Kg; tratamientos PL + LI y HP + LI, respectivamente). Al comparar el peso final obtenido con las dietas PL y HP con la dieta PL + LI, se observó una diferencia de solo 3% ($P < .05$, para PL, y $P = 0.06$ para HP) (23.46, 23.42 y 22.68 Kg; para dietas PL, HP y PL + LI, respectivamente).

El consumo de alimento total durante la prueba mostró ser diferente ($P = 0.08$) para los cerdos que recibieron la dieta PL y aquellos que consumieron la dieta donde este ingrediente fue sustituido parcialmente con proteína de levadura (PL + LI, Trt 3), diferencia que equivalió al 11% a favor al tratamiento PL (25.51 vs. 22.81 Kg; para PL y PL + LI, respectivamente). En el caso de la dieta HP y su sustitución parcial con proteína de levadura (HP + LI), la diferencia en consumo total entre ambos tratamientos fue de tan solo del 5% ($P > .05$), (24.41 vs. 23.17 Kg de alimento para dietas HP y HP + LI, respectivamente). Cabe aclarar que en todos los grupos se presentó incidencia de diarrea, la cual fue del 1.61, 2.61, 3.40 y 2.15% para los tratamientos PL, HP, PL + LI y HP + LI respectivamente.

La ganancia diaria de peso (GDP) fue similar ($P > .05$), para los cerdos que consumieron las dietas con PL (Trt 1), HP (Trt 2) y PL + LI (Trt 3) (420, 420 y 405 Kg, respectivamente). Al comparar el tratamiento conteniendo PL y su reemplazo parcial con el tratamiento PL + LI solo numéricamente diferentes en 3.6% (420 vs 405 g/d $P > 0.05$). Sin embargo, el grupo de cerdos que consumió la dieta HP + LI (Trt 4), mostró la menor GDP; siendo inferior ($P = 0.0001$) en 11.5 % a la GDP obtenida en el tratamiento PL y que con el tratamiento HP; y 7% inferior ($P = 0.001$) a la GDP registrada en los cerdos que recibieron la dieta PL + LI (376 g/d vs 420, 420 y 405 g/d respectivamente para los tratamientos 4, 1, 2 y 3). Interesantemente, el CDA no siguió el mismo patrón observado en la variable GDP ya que el CDA del grupo con PL fue mayor comparado con los cerdos pertenecientes a los grupos con HP y HP + LI (627 kg/d vs 596 y 565 g/d, respectivamente a los tratamientos 1, 2 y 4), siendo esta diferencia correspondientemente del 5% ($P > 0.05$) y 11% ($P = 0.08$) respectivamente. El menor CDA correspondió a los cerdos que consumieron la dieta en donde el plasma (PL) fue reemplazado parcialmente por la proteína de levadura (PL + LI, tratamiento 3); este valor fue diferente en 13% ($P = .058$) al tratamiento PL (556 vs 627 kg/d respectivamente al tratamiento 3 y 1). Al realizar la comparación del grupo de cerdos con la dieta HP y la dieta HP +LI se presentó una diferencia ($P > 0.05$) en el CDA del 5.4% (596 vs 565 g/d).

Finalmente, la CA observada durante la fase 3 fue inferior para el tratamiento PL + LI, mostrando un valor (1.37), que es marcadamente inferior a la que normalmente se reporta para la etapa evaluada y que oscila en 1.50. La diferencia entre la máxima conversión (1.50, Trt 4), y mínima anteriormente mencionada, fue del 10% ($P = 0.7$). Entre los tratamientos que recibieron la HP y la HP reemplazada parcialmente con proteína de levadura (HP + LI), la CA menor fue observada en el primero, valor que fue 6% inferior al observado en este último (1.41 vs. 1.50 $P = 0.14$ para HP y HP + LI, respectivamente).

Cuadro 12. Efecto de los tratamientos sobre los parámetros productivos del análisis global del periodo experimental.

Parámetro	Tratamiento			
	PL	HP	PL + LI	HP + LI
Peso inicial, kg	6.39 ± 0.01 ^d	6.22 ± 0.01 ^c	6.06 ± 0.01 ^b	5.85 ± 0.01 ^a
Peso final, kg	23.46 ± 0.2 ^c	23.4 ± 0.2 ^{bcy}	22.68 ± 0.2 ^{bx}	21.25 ± 0.2 ^a
Incremento de peso, %	268.3 ± 4.4 ^{ab}	278.8 ± 4.5 ^b	275.5 ± 4.4 ^{aby}	263.9 ± 4.4 ^{ax}
Consumo, kg	25.51 ± 0.91 ^y	24.41 ± 0.91	22.81 ± 0.91 ^x	23.17 ± 0.91
Ganancia de peso, kg	17.06 ± 0.2 ^b	17.20 ± 0.2 ^b	16.61 ± 0.2 ^b	15.40 ± 0.2 ^a
CDA, g	627 ± 0.02 ^{ax}	596 ± 0.02 ^a	556 ± 0.02 ^{ay}	565 ± 0.02 ^{ay}
GDP, g	420 ± 0.01 ^b	420 ± 0.01 ^b	405 ± 0.01 ^b	376 ± 0.01 ^a
CA	1.49 ± 0.03 ^{ax}	1.41 ± 0.03 ^{aby}	1.37 ± 0.03 ^b	1.50 ± 0.03 ^a
Tasa de diarrea, %	1.61	2.61	3.40	2.15

PL = Plasma animal; HP = Harina de pescado; LI = levadura inactiva; PL + LI = 50% PL + 50% LI; HP + LI = 50% HP + 50% LI. CDA = Consumo diario de alimento; GDP = Ganancia diaria de peso; CA = Conversión alimenticia. Valores expresados como medias ± E.E.

^{a,b,c,d} Medias en la misma fila con diferentes superíndices difieren estadísticamente ($P < 0.05$).

^{x,y,z} Medias en la misma fila con diferentes superíndices son considerados tendencia ($P < 0.1$). Periodo experimental: día 1 a 41 ± 1 (edad: 27 – 68 días).

Las Figuras 10, 11, 12, 13, 14, 15 y 16 muestran gráficamente los resultados de las variables analizadas durante el estudio en cada fase y de manera global.

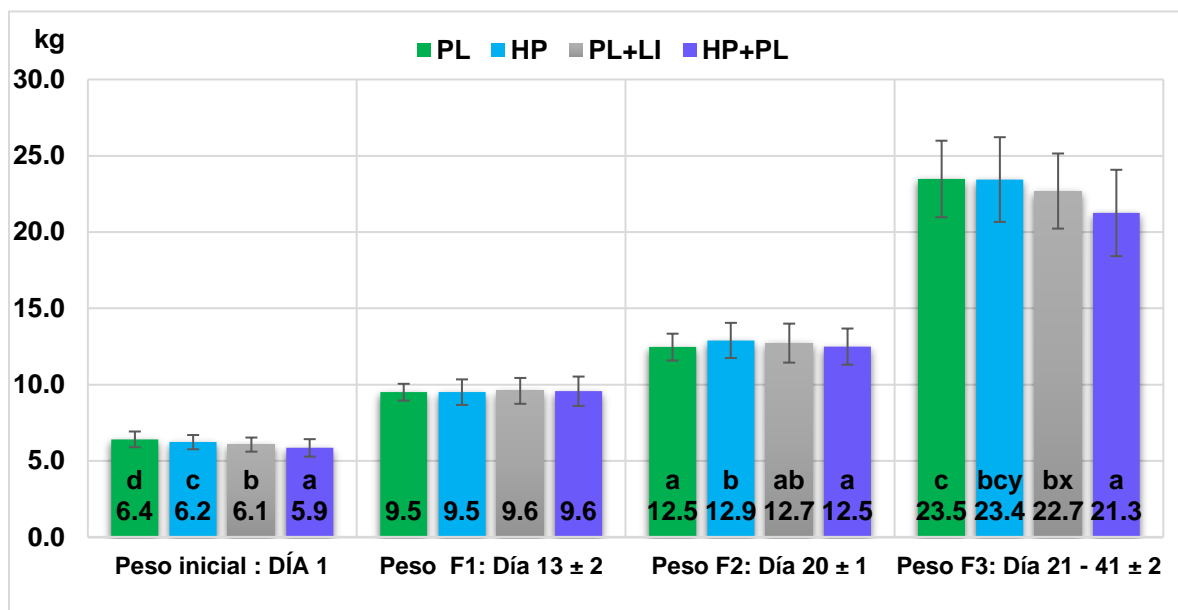


Figura 10. Peso (kg) inicial y final por cerdo en cada fase (medias ± SD).

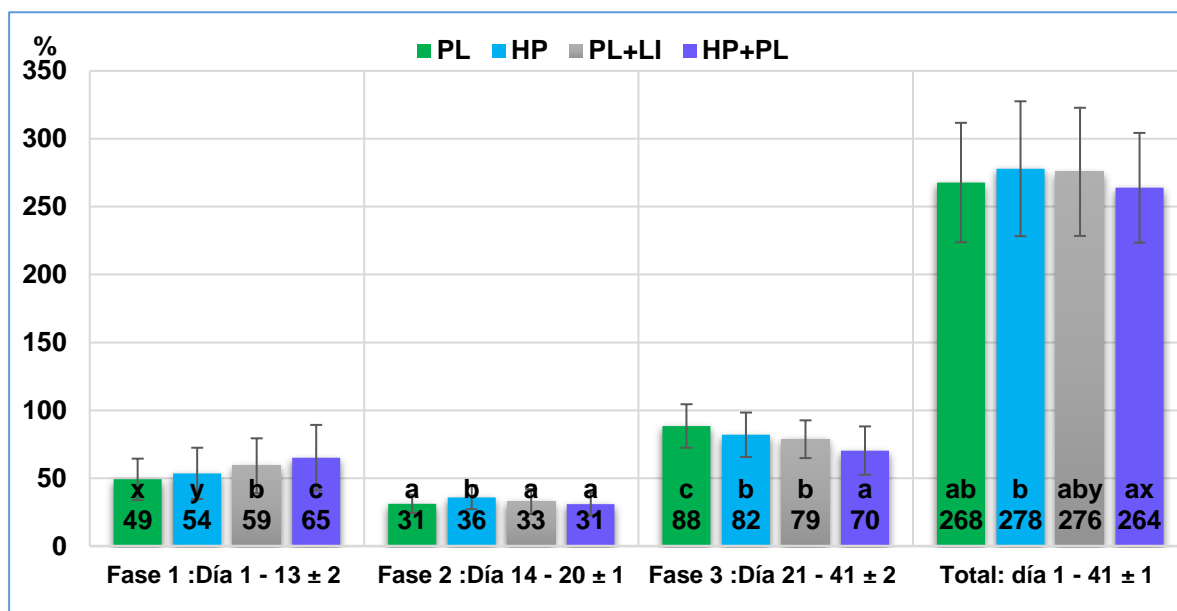


Figura 11. Incremento de peso (%) por cerdo para cada fase alimenticia y el total del periodo experimental (medias ± SD).

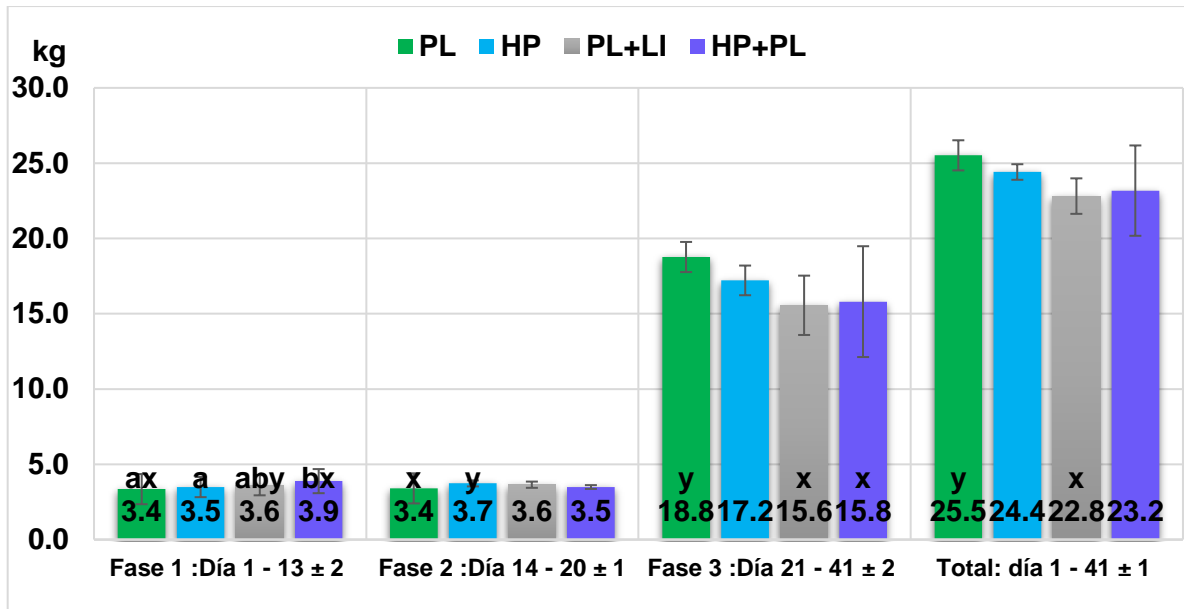


Figura 12. Alimento consumido (kg) por cerdo en cada fase alimenticia y el total del periodo experimental (medias ± SD).

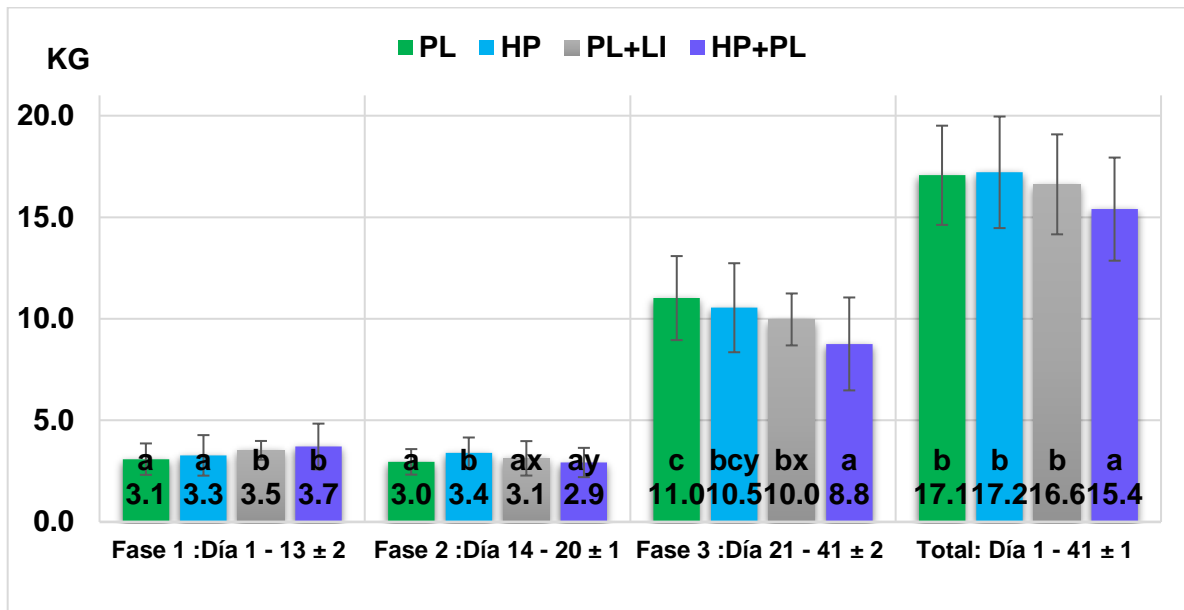


Figura 13. Peso ganado (kg) por cerdo en cada fase alimenticia y el total del periodo experimental (medias ± SD).

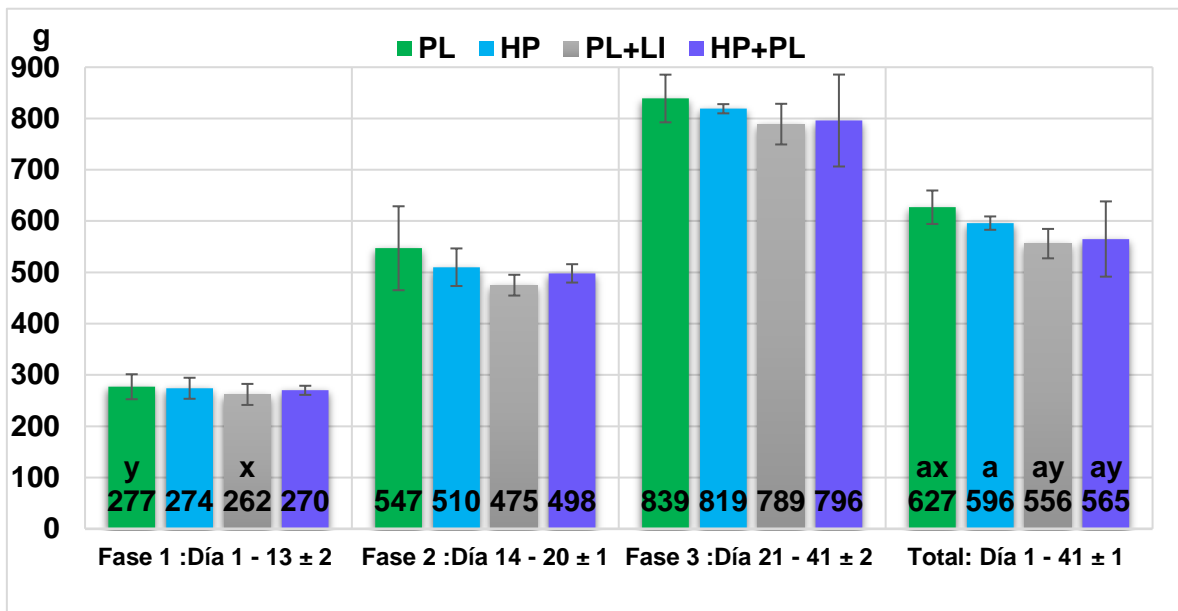


Figura 14. CDA (kg) por cerdo en cada fase alimenticia y el total del periodo experimental (medias ± SD).

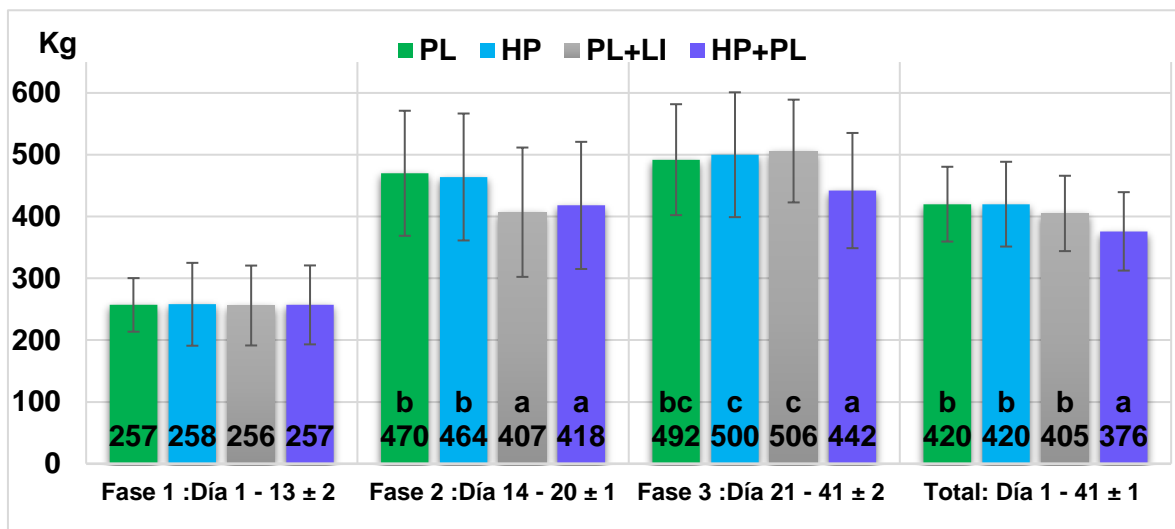


Figura 15. GDP (kg) por cerdo en cada fase alimenticia y el total del periodo experimental (medias ± SD).

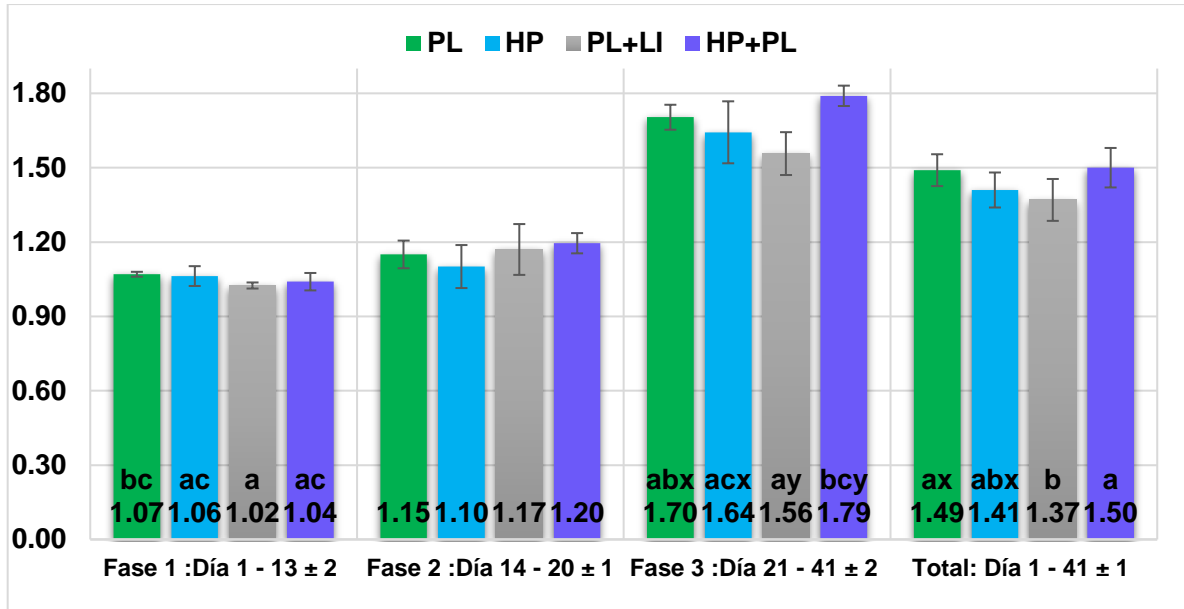


Figura 16. CA por cerdo en cada fase alimenticia y el total del periodo experimental (medias ± SD).

DISCUSIÓN

A partir de los hallazgos encontrados se acepta la hipótesis alternativa, que establece que al menos uno de los tratamientos no produce el mismo efecto que los demás.

CONSUMO DIARIO DE ALIMENTO

Entre los tratamientos PL y HP el similar CDA ($P > 0.05$) observado a lo largo la prueba concuerda con los estudios realizados por Koepke *et al.*, (2017) que durante los primeros 21 días posteriores al destete utilizó 6.5% vs 7.5% y 3% vs 5% de plasma y harina de pescado respectivamente para fase 1 y 2. Del mismo modo que Kim y Easter, (2001) al emplear plasma (5%) y harina de pescado (5%), durante los 15 días posteriores al destete. Ambos estudios no reportan diferencia ($P > 0.05$) en el CDA entre ambos grupos, lo que puede deberse a la similar biodisponibilidad y perfil de AA para ambos productos, siempre que se aporte similar perfil de AA limitantes para ambos tratamientos mediante el empleo de AA sintéticos (proteína ideal).

Por el contrario, el CDA ($P > 0.05$) entre los cerdos con las dietas con PL y HP en este estudio, no coincide con lo reportado en el trabajo de Tay, (2015), que comparó una dieta con plasma animal (5%) con otra conteniendo hidrolizado de harina de pescado (5%), reportando mejor rendimiento a favor del tratamiento con plasma animal.

Según Torrallardona, (2010) y Pérez – bosque *et al.*, (2016) en sus artículos de revisión, la inclusión de plasma animal en dietas empleadas inmediatamente después del destete que puede estimular un adecuado CDA, se encuentra entre el 4 y 8%. Algunos estudios (Cottingim *et al.*, 2017; Polo *et al.*, 2015) durante los primeros 14 días posteriores al destete han intentado reducir esta inclusión tradicional de plasma (aportando inclusiones menores al 4%), sin embargo, la conclusión a la que llegan es que al reducir la inclusión del plasma animal (6% a 3%) el CDA se perjudica ($P < 0.05$).

El presente estudio durante la fase 1 (día 1 - 13 ± 2) con el tratamiento PL utilizó la inclusión más baja (4%) que permite estimular el CDA. Sin embargo, al reducir esta inclusión en 50% y sustituir el restante mediante el empleo de la levadura inactiva *Saccharomyces cerevisiae*; con el tratamiento PL + LI (2% plasma animal + 2% levadura inactiva), no se reporta diferencia ($P= 0.076$) para el CDA respecto al tratamiento PL. Datos similares ($P < 0.1$) se han encontrado por Pereira *et al.*, (2012) al reemplazar el 50% de plasma animal (4%) con una fuente de proteína a partir de la misma levadura. Lo que sigue a la levadura inactiva *Saccharomyces cerevisiae* como un adecuado reemplazo en 50% para los ingredientes PL y HP en fase 1 de los cerdos de destete.

Los datos del CDA en la fase 2 y 3 que no mostraron diferencia ($P > 0.05$) entre los tratamientos PL y su reemplazo en 50% con una fuente de proteína fúngica (PL + LI), sugieren un efecto sinérgico entre ambos ingredientes, que concuerda con los resultados ($P < 0.1$), ($P < 0.1$), ($P > 0.05$) y ($P > 0.05$) de los estudios realizados por Pereira *et al.*, (2012) con cerdos de 21 - 35 días de edad; Pereira *et al.*, (2016) con cerdos destetados de 36 - 60 días de edad; Hu *et al.*, (2014) con cerdos de 28 - 56 días de edad y Riguera *et al.*, (2013) con cerdos de 7 - 63 días de edad, respectivamente. Estos estudios realizan el reemplazo en 50% de plasma animal mediante proteína de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*. Cabe aclarar que dichos estudios difieren al presente trabajo respecto a la presentación de la levadura, siendo esta en presentación de extracto, el cual brinda protección epitelial, estimula al sistema inmunológico y que, de acuerdo con Vieira *et al.*, (2016) por su concentración de AA (ácido glutámico, ácido aspártico, glicina y alanina) potenciadores de sabor, estimulan el consumo de alimento. Aunque cabe aclarar que es un producto de difícil obtención y precio mayor a la levadura inactiva.

Pereira *et al.*, (2012) aseguran que con inclusiones de plasma menores al 4%, el CDA se reduce por falta de un adecuado nivel de glutamato, por lo cual el no observar reducción en CDA en este estudio con el tratamiento 3, puede adjudicarse al aporte de este AA en la levadura inactiva. Logrando de este modo

reducir la inclusión mínima recomendada de plasma animal sin sacrificar el CDA, que mientras mayor es, permite la exposición de una superior cantidad de nutrientes con la mucosa intestinal y con ello mayor adaptación digestiva, lo que repercute en estímulo de la restauración epitelial, modulación del inmunológica, beneficio a la población de la microbiota intestinal y reducción de la sobre estimulación de inflamación.

El realizar un reemplazo parcial en 50% como en el presente estudio y los anteriormente mencionados, parece ser una adecuada opción para reducir la inclusión de un ingrediente de alto costo como lo es el plasma animal sin afectar el CDA. Por otra parte, reemplazar en 100% al plasma como el estudio realizado por Hu *et al.*, (2014) a una inclusión de 4% con extracto de levadura, no iguala o mejora el CDA, e incluso lo reduce. Otros estudios al utilizar levaduras, aunque sin los proteicos plasma animal o harina de pescado, no muestran incremento del CDA, como los estudios realizados por Keimer *et al.*, (2018) al utiliza levadura (*K. fragilis*) hidrolizada, para cerdos de 25 - 66 días de edad, a diferentes inclusiones; 1, 3 y 5% y levadura no hidrolizada en 5%. O el estudio realizado por Araújo *et al.*, (2006) al utilizar en cerdos de 21 a 66 días de edad, niveles en 5, 10 y 15 % de levadura (*S. cerevisiae*) seca. Sin embargo, LeMieux *et al.*, (2010) reporta similar ($P < 0.1$) CDA en cerdos durante los 7 días posteriores al destete al reemplazar el plasma porcino en 5% con levadura seca.

Para el tratamiento HP y su reemplazo parcial (50%) con levadura inactiva (HP + LI) los resultados en CDA son similares ($P > 0.05$) durante toda la prueba, datos que concuerdan con un estudio similar realizado por Wu *et al.*, 2016, al reemplazar parcialmente harina de pescado con extracto de levadura (3% HP + 3% extracto) durante los 14 días posteriores al destete. En el mismo sentido, el no observar diferencia ($P > 0.05$) en el CDA entre los tratamientos HP y HP + LI, coincide con el estudio de Jones *et al.*, (2010), quienes utilizaron un ingrediente con un perfil de proteína similar (soya fermentada; la cual no presenta factores antinutricionales) para reemplazar el 50% de harina de pescado. Por lo que el no reducirse el CDA puede ser resultado de la fracción proteica de ambos productos (soya y/o

levadura), los cuales presentan un perfil de PC similar entre sí y adecuado para el cerdo. (Rodríguez, 2016).

El similar CDA ($P > 0.05$) entre los tratamientos PL y PL + LI, así como entre los tratamientos con HP y HP + LI, pudo ser influido por una mejora del daño en la estructura intestinal (ocasionado originalmente e inevitablemente por el estrés del destete), apoyada por los componentes del plasma y harina de pescado y así como la PC y pared celular de la levadura inactiva. Datos soportados por Liu *et al.*, (2017) que con diferentes inclusiones (0.10% y 0.15%) de pared celular de levadura muestra incremento ($P < 0.05$) del CDA en cerdos durante los primeros 21 días después del destete. Igualmente, Shen *et al.*, (2009) en su estudio con cerdos durante las 3 semanas posteriores al destete, con inclusiones del 5 y 10% de cultivo de levadura mostro incremento ($P < 0.05$) del CDA. Sin embargo, la inclusión de cultivo de levadura en 0.125%, y 0.125% de cultivo de levadura + 0.2% de pared de levadura en el estudio de Schwering *et al.*, (2007) parecen no ser suficientes para mostrar alguna mejora en el CDA respecto a su tratamiento control ($P > 0.05$).

GANANCIA DIARIA DE PESO

En cuanto a la GDP, los tratamientos PL y HP que muestran resultados similares ($P > 0.05$) durante cada fase y de manera global en la prueba, difieren con el estudio de Koepke *et al.*, (2017), al usar 6.5% vs 7.5% y 3% vs 5% de plasma y harina de pescado respectivamente, para fase 1 y 2, y que muestra menor ($P = 0.091$) GDP para el tratamiento HP respecto a PL. En el mismo sentido se difiere parcialmente con estudio Kim y Ester, (2001) quienes emplearon 5% de plasma animal y 5% harina de pescado durante los 15 días posteriores al destete, ya que sus resultados muestran menor GDP con la dieta conteniendo HP que con la dieta PL ($P < 0.05$) del día 3 - 6 después del destete, diferencia que ya no observan del día 6 - 15. Es importante mencionar, que, en el anterior estudio, inclusiones en 2.5% para PL y HP no reportan diferencia en GDP comparados con su grupo control.

Los resultados del presente estudio entre cerdos con las dietas PL y HP para la GDP tampoco concuerdan con Tay, (2015), quien reemplazó la inclusión de plasma (5%) con hidrolizado de harina de pescado (5%). Este último no logró estimular la GDP como lo hizo el tratamiento PL ($P < 0.05$), a pesar de que la harina de pescado logró estimular ($P > 0.05$) numéricamente la morfometría intestinal.

Cabe aclarar que Crenshaw *et al.*, (2017) y Zhao *et al.*, (2007) mencionan que el efecto del plasma puede no ser tan notorio bajo condiciones sanitarias comparado con no sanitarias. Por lo que posiblemente las condiciones sanitarias alcanzadas durante la mayor parte del presente estudio influyeron en la similar GDP ($P > 0.05$) entre los tratamientos PL y HP.

Durante la fase 1 del estudio, no se observó diferencia estadística para la GDP en el reemplazo parcial en 50% de las proteínas PL y HP por la levadura inactiva (LI). Lo que pudo ser ocasionado para el grupo PL + LI, en parte gracias a la fracción de plasma, la cual es capaz de modular la respuesta inmunológica de la mucosa intestinal (producción temprana de IgA IgG) por parte del tejido linfoide asociado, acompañado de reducción de citocinas proinflamatorias (Duffy *et al.*, 2018). Lo que se contrapone al estudio de Torrallardona *et al.*, (2016) quienes durante los primeros 14 post destete, al reducir en 50% la inclusión de plasma, aunque sin reemplazar con algún sustituto, muestra que la GDP tiende a disminuir ($P < 0.1$).

Posiblemente el no afectarse la GDP en la fase 1 del presente estudio para los tratamientos 3 y 4, se deba a la compensación y aporte de proteína de la levadura inactiva *Saccharomyces cerevisiae*, lo que concuerda con los estudios realizados por Pereira *et al.*, (2012) y (2016), Hu *et al.*, (2014) y Ruiguera *et al.*, (2013) al reemplazar en 50% el PL con extracto de levadura *Saccharomyces cerevisiae*, y el estudio de Jones *et al.*, (2010) al reemplazar en 50% de harina de pescado con un producto de similar contenido en PC (soya fermentada) al contenido en la levadura *S. cerevisiae*. Logrando así para ambos reemplazos parciales, igualar el efecto de una inclusión tradicional de harina de pescado y plasma animal. Esto puede ser apoyado por datos de Hu *et al.*, (2014) quienes aseguran que el contenido proteico

de la levadura *S. cerevisiae* es capaz de reducir los niveles de triglicéridos, cortisol y proteína C reactiva (medidores de estrés) durante los primeros 7 días después del destete ($P < 0.05$), lo que sugiere bajos niveles de inflamación y daño a la mucosa intestinal, permitiendo el mayor contacto de los nutrientes de la dieta con la mucosa intestinal para su correcta digestión, así como disminución de los niveles de nitrógeno de urea en suero (medida de la utilización de PC), indicando así un correcto metabolismo y asimilación de la PC de este producto en los tejidos del cerdo.

De esta forma obteniendo resultados similares a los encontrados con una inclusión tradicional de PL, que, según Zhang *et al.*, (2015) durante los 28 días posteriores al destete, este estimula mayor GDP ($P < 0.05$) al promover ($P < 0.05$) el desarrollo del intestino delgado (altura de vellosidad duodenal) e incremento en la secreción de las enzimas digestivas (amilasa, maltasa, y tripsina) mejorando la digestibilidad aparente de la dieta y con ello menor incidencia de diarrea.

Sin embargo, la reducción ($P = 0.001$) en GDP durante la fase 2 del estudio por parte del grupo PL + LI respecto a los cerdos pertenecientes al tratamiento PL, así como del tratamiento HP + LI en comparación con el grupo HP ($P=0.003$), son datos que resultan similares a lo reportado por Araújo *et al.*, (2016), quien señala que levadura inactiva (5 - 15%) no siempre muestra un efecto sobre la morfología intestinal y por ende en el rendimiento de los cerdos.

En el mismo sentido estas diferencias se contraponen a los resultados de los estudios realizados por Pereira *et al.*, (2012) y (2016), Hu *et al.*, (2014) y Ruguera *et al.*, (2013), que como se mencionó anteriormente sustituyen parcialmente la inclusión del plasma en 50% con proteína de levadura, aunque a partir de extracto de *S. cerevisiae* y no levadura completa e inactiva como en el presente estudio. Por lo que se puede sugerir una diferencia en la digestibilidad y asimilación de la PC de levadura inactiva a diferencia del extracto para esta fase alimenticia.

Además, se puede agregar que la fracción proteica de plasma para la fase 2 al reducirse en 50% puede no ser suficiente para mejorar la asimilación de nutrientes

de la dieta, lo que concuerda con los resultados de Cottingim *et al.*, (2017), quienes durante los primeros 13 días después del destete, redujeron en 50% la inclusión del plasma animal (6 a 3%). Datos que son similares al estudio de Crenshaw *et al.*, (2017) con cerdos durante los 15 días después del destete al disminuir del 5 a 2.5% el plasma animal de la dieta. Esta reducción en 50% del aporte de plasma animal para ambos estudios disminuyó ($P < 0.05$) la GDP, a diferencia de otros estudios como el realizado por Pujols *et al.*, (2016) que con una inclusión tradicional del PL (6%) observan mejora ($P < 0.05$) en la GDP y reducción de la mortalidad, así como el estudio de Tran *et al.*, (2014) que con cerdos destetados (20 días) durante 28 días, la fracción de PL parece mejorar el desarrollo ($P < 0.05$), y estimular durante las primeras semanas después del destete la proliferación del epitelio intestinal y altura de vellosidades duodenales ($P = 0.011$).

Para el tratamiento 4, los datos sugieren inconsistencias en la fase 2, 3 y en su análisis global (fase 1 - 3), lo que posiblemente se deba a una interacción negativa entre ambos productos (harina de pescado y levadura inactiva).

Durante la fase 3 la GDP no se ve afectada negativamente para el reemplazo parcial del plasma con proteína de levadura (PL + LI) respecto al tratamiento PL ($P > 0.05$), coincidiendo en este caso con los estudios previamente mencionados por Pereira *et al.*, (2012) y (2016), Hu *et al.*, (2014) y Riguera *et al.*, (2013), quienes aseguran que la proteína de levadura puede reemplazar el 50% de inclusión del plasma animal y que reportan incremento de la altura de las vellosidades duodenales y reducción de la profundidad de las criptas ($P < 0.07$). De la misma manera indican que posiblemente esta puede ser una combinación eficiente para reducir la edad al sacrificio y estimular la madurez del tracto digestivo. Pereira *et al.*, (2012) sugiere que la proteína en la levadura (extracto) estimula el tejido linfoide asociado (IgA) y reduce la síntesis de citocinas proinflamatorias (FNT, INF). Además, se menciona que la concentración de nucleótidos en la levadura previene la atrofia intestinal, lo que incrementa el apetito y modula la microbiota intestinal. Sin embargo, estos datos se han reportado para presentaciones en

forma de extracto, ya que, en el estudio de Araújo *et al.*, (2006) con levadura inactiva (5%, 10% y 15%) no hubo efecto ($P > 0.05$) sobre la altura de las vellosidades intestinales.

Por otra parte, para el presente estudio, esto puede deberse no solo al aporte de PC de la levadura, si no también gracias a la presencia de los componentes de la pared celular de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*; conformada por β - 1,3 glucanos (30 - 50%), β - 1,6 glucanos (5 - 10%) y α - mananos (30 - 50%).

En el estudio de Ali *et al.*, (2018), aunque con pollos de engorda, dichos componentes de la pared del *S. cerevisiae* gracias a su estructura tridimensional, muestran reducir los niveles de glucosa, colesterol y triglicéridos en suero. De manera similar Mendieta *et al.*, (2017) al utilizar los componentes de la pared de la levadura reporta resultados favorables en la GDP en pollos de engorda desafiados con micotoxinas (aflatoxina B1 y Ocratoxina), las cuales comúnmente se encuentran presentes en las dietas de los animales domésticos. Este efecto es adjudicado al incremento de IgA intestinal, estimulación de la respuesta inmunológica ($P < 0.05$) e interacción y adsorción de los β - glucanos con los grupos cíclicos e hidroxilo de las micotoxinas, a través de enlaces débiles como los enlaces de hidrógeno y las interacciones de Van der Waals. Datos similares se han reportado por Yiannikouris *et al.*, (2004); Jouzany y Diaz, (2005); Ringot *et al.*, (2006) citados en Mendieta *et al.*, (2017).

Dichos oligosacáridos de la pared de *S. cerevisiae* se mantienen biológicamente activos independientemente del metabolismo de la levadura (Halas y Nochta, 2012 citado en Shurson, 2018). Liu *et al.*, (2017) aseguran que estos componentes en cerdos durante el periodo del destete incrementan la actividad de las enzimas catalasa, glutatión peroxidasa y superóxido dismutasa, las cuales atenúan el estrés oxidativo y su daño a la mucosa intestinal, por lo que encuentra en su estudio mejoría en la GDP. De igual manera Wu *et al.*, (2018) asegura que los β - glucanos mejoran la GDP en cerdos después del destete, debido a su efecto inmunomodulador y de alivio de la respuesta inflamatoria frente al LPS bacteriano,

al incrementar la concentración sérica del complemento ($P < 0.05$) y reducción de IL - 6 ($P = 0.08$).

Pese a que existe poca información entre la diferencia del rendimiento y salud de los cerdos con levadura activa e inactiva, la levadura activa en el estudio de Kiros *et al.*, (2017) ha mostrado efecto benéfico en la GDP de cerdos, así como en el desarrollo de microbiota filogenéticamente homogénea en el ecosistema intestinal. Aunque asegurar su viabilidad representa un mayor costo comparado con el uso de levadura inactiva, que para este estudio parece poder reemplazar en 50% al plasma animal eficientemente.

Sin embargo, Ran *et al.*, (2015) en su estudio con tilapias al utilizar levadura activa e inactiva reporta incremento en la GDP comparado con su control y sin diferencia entre ambas presentaciones de levadura, debido a los componentes de la pared.

El efecto benéfico en el presente estudio en el reemplazo parcial del plasma animal utilizando levadura inactiva (de menor costo que la activa y plasma), coincide con Pereira *et al.*, (2012) que reporta un efecto sinérgico entre la PC de la levadura y el plasma animal.

Por otra parte, los resultados para el grupo con HP durante cada fase experimental son contrario a los estudios de Jones *et al.*, (2015) y (2018) quienes sugieren inconsistencias en la GDP para los tratamientos con harina de pescado, de acuerdo con el origen (especie), y nivel de inclusión (6 o 3%), así como Kim y Ester, (2001), quienes reportan diferencias entre grupos con mismas inclusiones de harina de pescado a diferentes temperaturas de cocción.

CONVERSIÓN ALIMENTICIA

Durante la fase 1 la CA entre los tratamientos PL y HP no difirió ($P > 0.05$), concordando con los datos de Kim y Ester, (2001) al comparar dietas con plasma y harina de pescado en cerdos de destete durante 15 días. Simultáneamente, este índice para el tratamiento PL + LI fue menor ($P < 0.05$) comparado con el tratamiento PL, lo que aparentemente indica un mejor resultado que lo reportado por Pereira *et al.*, (2012) y Hu *et al.*, (2014) para la fase 1, al exponer similar CA

entre cerdos con una dieta con plasma y una dieta reemplazando el 50% de este con extracto de levadura (2% plasma + 2% extracto de levadura). Para la fase 2, a pesar de que el tratamiento PL + LI muestra menor ($P < 0.05$) GDP que el tratamiento PL, ambos muestran similar CDA ($P > 0.05$), por lo que no se reflejan diferencias ($P > 0.05$) para el índice de CA entre ambos grupos, información que es similar a lo reportado por Pereira *et al.*, (2016) en su estudio al reemplazar plasma animal con extracto de levadura para cerdos del día 36 - 49 y 50 - 60 , edad que coincide con la fase 2 y parcialmente con la fase 3 del presente estudio.

Respecto a la CA entre los tratamientos HP y HP + LI ($P > 0.05$) el resultado en la 1° y 2° fase alimenticia no difiere debido a que no se redujo el CDA ni la GDP, coincidiendo con Jones *et al.*, (2010) quienes con cerdos de destete durante 28 días no encontraron diferencias ($P > 0.05$) entre animales con una dieta con 5% de harina de pescado y una con un reemplazo en 50% con un producto (soya fermentada) de similar perfil de PC al de levadura.

PESO

El peso final de la fase 1 y 2 entre los tratamientos PL y PL + LI no muestra diferencias estadísticas, lo cual concuerda con la GDP descritas en cada fase alimenticia, alcanzando los pesos esperados que concuerdan con el estudio de Jones *et al.*, (2018). Sin embargo, las diferencias significativas entre los tratamientos para el peso final de la prueba como se mencionó, pueden ser consecuencia a que ningún tratamiento termino de consumir su presupuesto de alimento en la última fase, en consecuencia, a motivos administrativos de la granja donde se realizó el estudio, ya que termino su fecha de estancia para los animales y comenzó su movilización al sitio de engorda.

CONCLUSIONES

El empleo de la levadura *S. cerevisiae* al reemplazar en 50% la inclusión de plasma animal en dietas para cerdos recién destetados y hasta los 68 días de edad, no redujo el rendimiento productivo (GDP y CDA). Por lo que es una eficiente opción para reducir la inclusión de un producto proteico de alto costo como lo es el plasma animal y obtener resultados similares a los obtenidos con una inclusión tradicional del mismo, mostrando ser una alternativa para reducir los costos de alimentación. Sin embargo, el reemplazo parcial de harina de pescado con levadura inactiva no afectó los parámetros CDA, GDP y CA solo durante la fase 1.

REFERENCIAS

- 1) Águila, R. Nutrición rentable del lechón moderno (parte I) ¿Cómo seleccionar un preiniciador? [internet] 2010 [consultado 26-06-1018] Disponible en: <https://www.engormix.com/porcicultura/articulos/nutricion-rentable-lechon-moderno-t28505.htm>
 - 2) Ali NAL, Jameel Y, Rabia J. Effects of Dietary Prebiotics (SafMannan) and Local Iraqi Prebiotic on Some Blood Biochemical Parameters of Broiler Chickens. Abbas. 2018; 18: 80-85.
 - 3) Al MS, Hunigen H, Al AA, Rieger J, Zentek J, Richarson K. Influence of age at weaning and feeding regimens on the postnatal morphology of the porcine small intestine. J. Swine Health Prod. 2014; 23 (4): 186-203.
 - 4) Araújo LF, Junqueira OM, Lopes LE, Soares da Silva C, Ortolan, JH, Laurentiz AC. La levadura seca (*Saccharomyces cerevisiae*) utilización para lechones en la fase inicial. Cienc. Rural.2006; 36(5): 1576-1581.
 - 5) Bekatorou A, Psarianos C, Koutinas AA. Production of food grade yeast. Food Technol. Biotechnol. 2006; 44(3): 407-415.
 - 6) Boyer PE, D'Costa SD, Edwards LL, Milloway M, Susick E, Borst LB, et al., Early- life dietary spray dried plasma influences immunological and intestinal injury to responses to later life *Salmonella typhimurium* challenge. British Journal of Nutrition. 2016; 113, 783–793.
 - 7) Casas GA, Huang C, y Stein HH. Nutritional value of soy protein concentrate ground to different particle sizes and fed to pigs. Journal of Animal Science, 2017; 95 (2): 827-836.
 - 8) Campbell JM, Crenshaw DJ, Polo J. The biological stress of early weaned piglets. J Anim Sci Biotechnol. 2013; 4(1): 1 - 4.
 - 9) Campos AF, Pereira OG, Ribeiro KG, Santos A S, De Campos VF. Impact of replacing soybean meal in beef cattle diets with inactive dry yeast, a sugarcane by-product of ethanol distilleries and sugar mills. Animal Feed Science and Technology. 2014; 190: 38-46.
 - 10) Cho JH y Kim IH. Fish meal – nutritive value. Journal of animal physiology and animal nutrition. 2011; 685-692.
-

- 11) Collins CL, Pluske JR, Morrison RS, McDonald TN, Smits RS, Henman D J, et al. Post-weaning and whole-of-life performance of pigs is determined by live weight at weaning and the complexity of the diet fed after weaning. *Animal Nutrition*. 2017; 3 (4): 372- 379.
 - 12) Cotten B, Regland D, Thomson JE, y Adeola O. Amino acid digestibility of plant protein feed ingredients for growing pigs. *Journal of Animal Science*. 2016; 94 (3) 1073-108.
 - 13) Cottingim Km, Johnston LJ, Hilbrands AM, Shurson GC y Urriola PE. Ultraviolet irradiation of spray dried porcine plasma does not affect growth performance of nursery pigs when compare with nonirradiated bovine plasma. *J Anim Sci*. 2017; 95(7): 3120-3128.
 - 14) Crenshaw JD, Campbell JM, Polo J. y Stein HH. Effects of specialty proteins as alternatives to bovine or porcine spray-dried plasma in non-medicated diets fed to weaned pigs housed in an unsanitary environment. *Translational Animal Science*. 2017; 1 (3): 33-342.
 - 15) Culberston MS, Herring WO, Holl JW, y Casey D. Genetic improvement and dissemination for the global commercial swine industry. *Animal Production Science*. 2017; 57(12): 2366-2369.
 - 16) Douglas SL, Wellock I, Edwards SA, Kyriazakis I. High specification starter diets improve the performance of low birth weight pigs to 10 weeks of age. *J Anim Sci*. 2014; 92 (10): 4741–4750.
 - 17) Duffy MA, Chen Q, Zhang J, Halbur PG, Opriessing T. Impact of dietary spray-dried bovine plasma addition on pigs infected with porcine epidemic diarrhea virus. *Tranl. Amin. Sci*. 2018; 2: 349-357.
 - 18) Ferreira IMPLVO, Pinho O, Vieira E y Tavela. Brewer's *Saccharomyces* yeast biomass: characteristics and potential applications. *Trends in Food Science & Technology*. 2010; 21:77-84.
 - 19) Fundación Española para el desarrollo de la nutrición animal (FEDNA) [INTERNET] España 2010. [consultado el 03/08/18] Ingredientes para piensos. Disponible en: <http://www.fundacionfedna.org>
-

- 20) Gerber PF, Xiao CT, Chen QJ, Zhang J, Halbur PG y Opriessning T. The spray drying process is sufficient to inactivate infectious porcine epidemic diarrhea virus in plasma. *Veterinary microbiology*. 2014; 174: 86-92.
 - 21) Halas V y Nochta I. Mannan Oligosaccharides in Nursery Pig Nutrition and Their Potential Mode of Action. *Animals*. 2012; 2: 261-274.
 - 22) Han IK, Lee JH, Kim JH, Kim YG, Kim JD, Paik IK. Application of Phase Feeding in Swine Production, *Journal of Applied Animal Research*, 1999; 17 (1): 27-56.
 - 23) Hedegaard CJ, Strube ML, Hansen MB, Lindved BK, Lihme A, Boye M. Natural Pig Plasma Immunoglobulins Have Anti-Bacterial Effects: Potential for Use as Feed Supplement for Treatment of Intestinal Infections in Pigs. *PLoS ONE*. 2016; 11(1): 1-14.
 - 24) Hu L, Lianqiang C, Guangbo L, Guoqi S, Han F, Yue X, et al. Effects of Yeast-Derived Protein vs Spray - Dried Porcine Plasma Supplementation on Growth Performance, Metabolism and Immune Response of Weanling Piglets. *Italian Journal of Animal Science* 2014; 13 (1) 163-168.
 - 25) Insuasti ASG, Collazos DV, Argote F. Efecto de la dieta y edad del destete sobre la fisiología digestiva del lechón. *Revista facultad de ciencias agrarias*. 2008; 6 (1): 32 - 41.
 - 26) Jayaraman B, Nyachoti, CM. Husbandry practices and gut health outcomes in weaned piglets: A review. *Animal Nutrition*. 2017; 3 (3): 205-211.
 - 27) Jeong J S, Park JW, Lee S, y Kim H. Apparent ileal digestibility of nutrients and amino acids in soybean meal, fish meal, spray-dried plasma protein and fermented soybean meal to weaned pig. *Anim Sci J*. 2015; 87 (5) 697-702.
 - 28) Jiang X. Prevalence and Characterization of Salmonella in Animal Meals Collected from Rendering Operations. *Journal of Food Protection*. 2016; 79 (6) :1026-1031.
 - 29) Jones AM, Woodworth JC, Tokach M D, Goodband B D, De Rouchey J M, Dritz S S. Effect of Fish Meal Source on Nursery Pig Performance. *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports*. 2015; 1 (7):1-13.
-

- 30) Jones AM, Wu F, Woodworth JC, Tokach MD, Goodbang RD, Dritz SS. Evaluating the effects of fish meal source and level on growth performance of nursery pigs. *Translational Animal Science*. 2018; 2 (2) :144–155.
 - 31) Jung TH, Choi JH, Kho KC, Jeon WM y Han KS. Purification and anti-pathogenic properties of immunoglobulin concentrate from porcine blood. *Korean J. Food Sci. An*. 2017; 37(5): 743-751.
 - 32) Junqueira OM, Siliz LZT, Araújo LF, Pereira AA, Laurentiz AC y Filardi RS. Evaluation of levels and protein sources in diets of piglets in the initial growth phase. *R Bras. Zootec*. 2008; 37(9): 1622-1627.
 - 33) Kim SW y Easter RA. Nutritional value of fish meals in diet for young pigs. *J. Anim. Sci*. 2001; 79: 1829-1839.
 - 34) Kiros TG, Derakhshani H, Pinloche E, D´Inca R, Marshall J, Auclair E. Effect of live yeast *Saccharomyces cerevisiae* (Actisaf 47) supplementation on the performance and hindgut microbiota composition of weanling pigs. *Scientific Reports*. 2017; 8(1): 1-13.
 - 35) Keimer B, Kroger S, Rohe I, Pieper R, Simon A, Zentek J. Influence of differently processed yeast (*Kluyveromyces fragilis*) on feed intake and gut physiology in weaned pigs. *J. Anim. Sci*. 2018;96(1): 194-205.
 - 36) Koepke R, Kaushik RS, Gibbons WR, Brown M, Levesque CL. Evaluation of a bioprocessed soybean meal on nursery pig performance and immune status. *J. Anim. Sci*. 2017; 95: 5030 - 5039.
 - 37) Lee H.J, Kim DH, Joo YH, Kim SC y Choi IH. Influence on fecal microflora after fermented fish meal supplementation to weaning pigs (2) Korea Environmental Sciences Society Conference. 2016; 25(1): 252.
 - 38) LeMieux FM, Naranjo VD, Bidner TD, Southern LL. Effect of dried brewers yeast on growth performance of nursing and weaned pigs. *The professional Animal Scientist*. 2010; 26: 70-75.
 - 39) Liu Y, Li F, Kong X, Tan B, Li Y, Duan Y, et al. Signaling Pathways Related to Protein Synthesis and Amino Acid Concentration in Pig Skeletal Muscles Depend on the Dietary Protein Level, Genotype and Developmental Stages. *PLoS One*. 2015; 10 (9): 1-21.
-

- 40) Medel P, Latorre MA, Mateos GG. Nutrición y alimentación de lechones destetados precozmente. Memorias XV Curso de especialización FEDNA; 1999: Madrid España.
- 41) Mendieta CR, Gómez GV, Del Río JCG, Cuevas AC, Arce JM, ÁVILA EG. Effect of the addition of *Saccharomyces cerevisiae* yeast cell wall to diets with mycotoxins on the performance and immune responses of broilers. J. Poult. Sci. 2017; 55: 38-46.
- 42) McCormak U. Investigation and subsequent manipulation of the intestinal microbiota of pigs, with a view to optimizing feed efficiency. [PhD tesis]. Waterford (IE) Waterford institute of technology; 2017.
- 43) Moeser AJ, Pohl SC y Rajput M. Weaning stress and gastrointestinal barrier development: implications for lifelong gut health in pigs. Animal Nutrition, 2017; 3 (4): 313 - 321.
- 44) Montes N. Sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] blanco: alternativa para la alimentación humana [INTERNET] Folleto Técnico Núm. 45, INIFAP, México, 2010. disponible en: <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2712/865.pdf?sequence=1> (consultado 29/08/2018).
- 45) Muns R. y Magowan E. The effect of creep feed intake and starter diet allowance on piglets gut structure and growth performance after weaning. J Anim Sci. 2018; 96 (9): 3815-3823.
- 46) National Research Council. Subcommittee on Swine Nutrition, Committee on Animal Nutrition. Nutrient Requirements of swine: 11th Revised Edition. Washington, DC: The National Academies Press, 2012.
- 47) Nernberg L. 15 factors to consider when evaluating and using alternative ingredients [internet] 2018 [consultado 9-11-2018] disponible en: https://www.biomin.net/en/articles/15-factors-to-consider-when-evaluating-and-using-alternative-ingredients/?utm_source=AAF&utm_medium=Advertorial&utm_campaign=Article
-

- 48) Nofrarías M, Manzanilla EG, Pujols J, Gibert X, Majó N, Segalés J, et al. Effects of spray-dried porcine plasma and plant extracts on intestinal morphology and on leukocyte cell subsets of weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 2006; 84:2735–2742.
- 49) Nogueira E, Kutschenko M, Sá L, Ishikawa E, Lima L. Nutrición de aminoácidos para lechones: una visión de la industria. [internet] Brasil. 01/06/2012 [consultado 16/09/2018] Disponible en: http://www.lisina.com.br/publicacoes_detalhes_esp.aspx?id=2188
- 50) Pasick J, Berhane Y, Ojkic D, Maxie G, Embury-Hyatt C, Swekla K, Handel K, Fairles J, y Alexandersen S. Investigation into the Role of Potentially Contaminated Feed as a Source of the First-Detected Outbreaks of Porcine Epidemic Diarrhea in Canada. *Transboundary and Emerging Diseases.* 2014; 61 (5): 397- 410.
- 51) Pérez- Bosque A, Polo J y Torrallardona D. Spray dried plasma as an alternative to antibiotics in piglet feeds, mode of action and biosafety. *Porcine Health Management.* 2016; 2(16) :1-10.
- 52) Pereira CMC, Donzele JL, Silva FC, Rita FM, Kiefer C, Ferreira AS, et al. Yeast extract with blood plasma in diets for piglets from 21 to 35 days of age. *Revista brasileira de Zootecnia,* 2012; 41(7):1676-1682.
- 53) Pereira CMC, Donzele JL, Donzele RFM, Kief C, Bernardino VMP, Balbino EM, et al. Yeas extract plus bood plasma in diets for piglets from 36 to 60 days old. *Ciencia rural, Santa María.* 2016; 46(6): 1107-1112.
- 54) Píe S, Lalles JP, Blazy F, Laffitte B, Seve B, y Oswald P. Weaning Is Associated with an Upregulation of Expression of Inflammatory Cytokines in the Intestine of Piglets. *J Nutr.* 2003;134 (3) :641-647.
- 55) Piotrowska M y Masek A. *Saccharomyces cerevisiae* cell Wall Components as Tools Ochratoxin A Decontamination. *Toxins.* 2015; 7: 1151-1161.
- 56) Peace RM, Campbell J, Crenshaw J, Russell, Moeser A. Spray dried porcine plasma influences intestinal barrier function, inflammation, and diarrhea in weaned pigs. *J. Nutr.* 2011; 141: 1312-1317.
-

- 57) Polo J, Rodríguez C, Ródenas J, Russel LE, Campbell JM, Crenshaw JD, et al. Ultraviolet Light (UV) Inactivation of Porcine Parvovirus in Liquid Plasma and Effect of UV Irradiated Spray Dried Porcine Plasma on Performance of Weaned Pigs. PLoS ONE. 2015; 10(7): 1-12.
- 58) Pohl CS, Medland JE, Moeser AJ. Early-life stress origins of gastrointestinal disease: animal models, intestinal pathophysiology, and translational implications. Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol. 2015; 309 (12): 927-941.
- 59) Pohl CS, Medland JE, Mackey E, Edwards LL, Bagley KD, DeWilde MP, et al. Early weaning stress induces chronic functional diarrhea, intestinal barrier defects, and increased mast cell activity in a porcine model of early life adversity. Neurogastroenterology and Motility. 2017; 29 (11):1-13.
- 60) Pujols J y Segalés J. Survivability of porcine epidemic diarrhea virus (PEDV) in bovine plasma submitted to spray drying processing and held at different time temperature storage conditions. Veterinary Microbiology. 2014; 174: 427-432.
- 61) Pujols J, Segalés J, Polo J, Rodríguez C, Campbell J, Crenshaw J. Influence of spray dried porcine plasma in starter diets associated with a conventional vaccination program on wean to finish performance. Porcine Health Management. 2016; 2 (4): 2-11.
- 62) Ran C, Huang L, Liu Z, Xu L, Yang Y, Tacon P, et al. A Comparison of the Beneficial Effects of Live and Heat-Inactivated Baker's Yeast on Nile Tilapia: Suggestions on the Role and Function of the Secretory Metabolites Released from the Yeast. PLoS ONE. 2015;10(12): 1-16.
- 63) Reis de Souza TC, Mariscal LG, García KE, Barreyro AA, Barrón AM, Cambios nutrimentales en el lechón y desarrollo morfofisiológico de su aparato digestivo. Vet. Méx. 2012; 43 (2): 155- 173.
- 64) Reis de Souza TC, Mariscal LG, Escobar GK. Algunos factores fisiológicos y nutricionales que afectan la incidencia de diarreas posdestete en lechones. Vet Méx. 2010; 41 (4): 275-288.
-

- 65) Reis de Souza TC y Mariscal LG. El destete, la función digestiva y la digestibilidad de los alimentos en cerdos jóvenes. *Tee, Pecu. Mh.* 1997; 35 (3): 145 – 159.
- 66) Riguera LCM, Thomaz MC, Riguera DCM, Pascoal LAF, Amorim AB, Budiño FEL. Effect of plasma and/or yeast extract on performance and intestinal morphology of piglets from 7 to 63 days of age. *R. Bras. Zootec.* 2013; 42(7): 496-503.
- 67) Rodríguez I. Levadura seca de cervecería (*Saccharomyces cerevisiae* L.) como promotor de crecimiento en la dieta de cerdos destetados. [Ingeniería] Chihuahua (MX): Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”: 2016.
- 68) Ruiz L. Efecto de la cantidad de piensos de arranque y continuación consumidos sobre el crecimiento de lechones destetados de diferentes tamaños. [Mc]. Valencia. (ES): Universidad Pontifica de Valencia; 2015.
- 69) SAS Institute, Inc. SAS/STAT Users Guide, version 9.1 ed. Cary, North Carolina, USA: SAS institute Inc., 2003.
- 70) Schinckel AP, y Lange CMF. Characterization of growth parameters needed as inputs for pig growth models. *J Anim Sci.* 1996; 74 (8): 2021-2036.
- 71) Schweing CMC, Jansman AJM, Smidt H, Yoon I. Effect of yeast culture on performance, gut integrity, and blood cell composition of weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 2007; 85:3099-3109.
- 72) Shurson G.C. Yeast and yeast derivatives in feed additives and ingredients: Sources, characteristics, animal responses, and quantification Methods. *Animal Feed Science and Technology* 2018; 235: 60 - 76.
- 73) Shen YB, Piao XS, Kim SW, Wang L, Liu P, Yoo I, et al. Effect of yeast culture supplementation on growth performance, intestinal health and immune response of nursery pigs. *J. Anim. Sci.* 2009; 87: 2614-2624.
- 74) Sinn SM, Gibbons WR, Brown ML, DeRouchey JM, Levesque CL. Evaluation of microbially enhanced soybean meal as an alternative to fishmeal in weaned pig diets. *Animal.* 2016; 11(5): 784-793.
- 75) Skinner LD, Levesque CL, Wey D, Rudar M, Zhu J, Hooda S, et al. Impact of nursery feeding program on subsequent growth performance, carcass
-

- quality, meat quality, and physical and chemical body composition of growing-finishing pigs. *J Anim Sci.* 2014; 92 (3): 1044-1054.
- 76) Stein HH, Se`ve B, Fuller MF, Moughan PJ, y de Lange CMF. Invited review: Amino acid bioavailability and digestibility in pig feed ingredients: Terminology and application. *J Anim Sci.* 2007; 85:172-180.
- 77) Suárez MC, Garrido CNA, Guevara RCA. Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. Revisión bibliográfica. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar. 2016; 50 (1) :20-28.
- 78) Suman G, Nupur M, Anuradha S y Pradeep B. Single cell protein production: A review. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 2015; 4(9): 251-262.
- 79) Tay J. Efecto del hidrolizado de pescado secado por aspersion en reemplazo de plasma porcino en dietas de pre-inicio de lechones destetados. [Ingeniería] Lima. (PE): Universidad Nacional Agraria la Molina; 2015.
- 80) Torrallardona D. Spray Dried Animal Plasma as an Alternative to Antibiotics in Weanling Pigs. A review. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 2010; 23 (1): 131-148.
- 81) Torrallardona D, Polo J. Effect of spray dried porcine plasma protein and egg antibodies in diets for weaned pigs under environmental challenge conditions. *J Swine Health Prod.* 2016; 24(1):21-28.
- 82) Torres DM, y Hurtado, VL. Análisis de parámetros de desempeño zootécnico en la fase de cría en una porcícola comercial del departamento del Meta. *Orinoquia*, 2007;11(2): 59-65.
- 83) Tran H, Bundy JW, Li Y, Carney-Hinkle EE, Miller PS, Burkey TE. Effects of spray-dried porcine plasma on growth performance, immune response, total antioxidant capacity, and gut morphology of nursery pigs *J. Anim. Sci.* 2014; 92 :4494–4504.
- 84) Tran H, Anderson CL, Bundy JW, Fernando SC, Miller PS, y Thomas E. Effects of spray-dried porcine plasma on fecal microbiota in nursery pigs. *J. Anim. Sci.* 2018; 96:1017–103.
-

- 85) Tsukahara T, Inoue R, Nakatani M, Fukuta K, Kishino E, Ito T, et al. Influence of weaning age on the villous height and disaccharidase activities in the porcine small intestine. *Animal Science Journal*. 2016; 87: 67–75.
- 86) Vieira EF, Carvalho J, Pinto E, Cunha S, Almeida A, Isabel M, et al. Nutritive value, antioxidant activity and phenolic compounds profile of brewer's spent yeast extract. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2016; 52: 41-51.
- 87) Whang KY, Mc Keith FK, Kim SW, Easter RA. Effect of starter feeding program on growth performance and gains of body components from weaning to market weight in swine. *J Anim Sci*. 2000; 78 (11) :2885–2895.
- 88) Wu X, Xie C, Li B, Zhou H, Yao J, Li K. Effect of replacement of SDPP with yeast extracts in piglets on plasma amino acids and intestinal mucosal morphology. *The journal of animal and plant science*. 2016 ;26 (6): 1568-1575.
- 89) Wu X, Peng L, Hu L, Liu Z, Fang Y, Lin S, et al. Effects of dietary β -glucan supplementation on growth performance, 1 immunological and metabolic parameters of weaned pigs challenged with *Escherichia coli* lipopolysaccharide. *Food Funct*. 2018; 1-21.
- 90) Xiong X, Yang H, Li B, Liu G, Huang R, Li F, et al. Dietary supplementation with yeast product improves intestinal function, and serum and ileal amino acid contents in weaned piglets. *Livestock Science*. 2014; 171: 20 - 27.
- 91) Yang S, Wu Z, Lin W, Xu L, Cheng L, Zhou L. Investigations into *Salmonella* contamination in feed production chain in karst rural areas of china. *Environ Sci Pollut Res*. 2016; 24(2): 1372-1379.
- 92) Yang W, Long P, Qiyu T, Xiangshu P. Comparative digestibility of energy and ileal amino acids in yeast extract and spray-dried porcine plasma fed to pigs. *Archives of Animal Nutrition* 2017; 72 (1): 76-84.
- 93) Zhang Y, Chen DW, Yu B, He J, Yu J, Mao XB, et al. Spray-dried chicken plasma improves intestinal digestive function and regulates intestinal selected microflora in weaning piglets. *J. Anim. Sci*. 2015; 93: 2967–2976.
-

- 94) Zhao J, Harper AF, Estienne MJ, Webb JKE, McElroy A P, Denbow DM. Growth performance and intestinal morphology responses in early weaned pigs to supplementation of antibiotic-free diets with an organic copper complex and spray-dried plasma protein in sanitary and nonsanitary environments. *J Anim Sci.* 2007; 85(5): 1032- 1310.
- 95) Zhu C, Li W, Shao-yong W, Zhuang C, Xian-yong M, Chun-tian Z, et al. Effect of yeast *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on serum antioxidant capacity, mucosal IgA secretions and gut microbial populations in weaned piglets. *Journal of Integrative Agriculture.* 2017; 16 (9): 2029-2037.
-