

Orujo de Uva y su efecto en el desempeño productivo y microbiota intestinal de cerdos finalizadores

Grape pomace effect on growth performance and intestinal microbiota of finishing pigs

Kevin Alberto Avilés-Peterson¹, Maricela Montalvo-Corral¹, Humberto González-Ríos¹, Héctor Parra-Sánchez¹, Miguel Ángel Barrera-Silva² y Araceli Pinelli-Saavedra^{1*} ✉

¹ Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Carretera Gustavo Enrique Astiazarán Rosas, No. 46, Col. La Victoria, Hermosillo, Sonora, México 83304.

² Departamento de Agricultura y Ganadería, Universidad de Sonora, Carretera a Bahía de Kino km. 21. Hermosillo, Sonora 83000, México.

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la suplementación de orujo de uva (OU) sobre la microbiota intestinal (MI) y desempeño productivo de cerdos finalizadores. Se utilizaron 20 cerdos finalizadores machos (Duroc x Yorkshire, peso vivo inicial de 80 kg), alojados individualmente en corraletas provistas de bebedero y comedero. Se asignaron aleatoriamente a uno de dos tratamientos (n = 10): Testigo (dieta comercial, (DB) sin OU) y OU (DB + 25 g OU/ kg). La prueba de alimentación fue de 31 d. El comportamiento productivo se evaluó mediante la ganancia de peso diaria, el consumo de alimento diario y la conversión del alimento. Los cambios en la composición y abundancia en MI se evaluaron mediante qPCR en muestras de heces. La suplementación con OU incrementó significativamente (p < 0.05) el consumo de alimento y la ganancia de peso, pero no mostró efecto en la conversión alimenticia (p > 0.05). En la MI, la suplementación con OU no tuvo efecto (p > 0.05) en la abundancia de los géneros *Lactobacillus* spp., *Faecalibacterium prausnitzii* y *E. coli*, pero *Campylobacter* spp. incrementó (p < 0.05). Si bien, no se observó el comportamiento esperado en MI, su efecto positivo en la ganancia de peso podría permitir acortar los tiempos de producción.

Palabras clave: orujo de uva, microbiota intestinal, desempeño productivo, cerdos.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effect of grape pomace (GP) supplementation on the intestinal microbiota and the productive performance of finishing pigs. Twenty male finishing pigs (Duroc x Yorkshire, initial live weight of 80 kg) were used, housed individually in pens provided with drinkers and feeders. The feed experimental phase lasted 31 d, and ten animals were randomly assigned to each treatment: Control (commercial diet (BD) without GP) and GP (BD + 25 g GP/kg). Productive performance was evaluated by daily weight gain, daily feed intake and feed conversion. Changes in the composition and abundance of the microbiota were evaluated by qPCR on stool samples. GP supplementation significantly (p < 0.05) increased feed intake and weight gain

but showed no effect on feed conversion (p > 0.05). Regarding the microbiota, supplementation had no effect (p > 0.05) on the genera *Lactobacillus* spp., *Faecalibacterium prausnitzii* nor *E. coli*, but *Campylobacter* spp. increased (p < 0.05). The results on intestinal microbiota were not expected; however, a positive effect on weight gain was found, allowing for shortening production times.

Keywords: grape pomace, gut microbiota, productive performance, pigs.

INTRODUCCIÓN

La salud y el bienestar de los cerdos es un factor a tener en cuenta a lo largo de todo el proceso productivo, donde la microbiota intestinal (MI) juega un papel fundamental en su salud. Después del destete y hasta alcanzar el peso al mercado, la composición y funcionalidad de la MI experimentan constantes cambios, jugando un papel fundamental en la respuesta al estrés e impactando en el crecimiento y correcto desarrollo del animal (Kim y Isaacson, 2015; Guevarra *et al.*, 2018; Pluske *et al.*, 2019a). Los cambios bruscos de dieta o de determinados ingredientes pueden provocar alteraciones en la MI, lo que obliga a un mayor uso de antibióticos. El uso de antibióticos como promotores del crecimiento en cerdos es común durante sus primeras etapas de vida para obtener mayores rendimientos productivos. Sin embargo, se ha señalado que su uso promueve disbiosis a largo plazo en los animales y genera resistencia en algunas bacterias patógenas (*E. coli*, *Campylobacter* spp., *Clostridium*) lo que representa pérdidas económicas significativas y un grave problema de salud pública (Looft *et al.*, 2012; World Health Organization 2012; Carlson y Fangman, 2018). Por lo que, es fundamental seguir mejorando la producción porcina y reducir el uso de los antibióticos con el fin de incrementar la protección del consumidor. Además de los problemas asociados a los antibióticos, los países miembros de la Comunidad Económica Europea y Japón ya cuentan con algunas normativas que prohíben la presencia de residuos de antibióticos en la carne, por lo que muchos antibióticos ya están prohibidos en estos países (Codex Alimentarius, 1997; CORDIS, 2022). Por ello, es necesario encontrar nuevas alternativas que permitan man-

*Autor para correspondencia: Araceli Pinelli-Saavedra

Correo-e: pinelli@ciad.mx

Recibido: 16 de octubre de 2023

Aceptado: 10 de abril de 2024

Publicado: 3 de mayo de 2024

tener la salud intestinal de los animales desde el nacimiento hasta la etapa de finalización. El uso de algunos aditivos con efecto prebiótico y que además puede ser la solución. El orujo de uva (OU) es un producto de desecho de la industria vitivinícola, constituido principalmente por piel, pulpa, palillos y semillas de la uva, y es rico en polifenoles, que le confieren propiedades beneficiosas para la salud humana y animal. (Chedea *et al.*, 2018; Balbinoti *et al.*, 2020). Debido a su contenido en compuestos fenólicos, varios estudios han evaluado las propiedades antioxidantes, antibióticas, antifúngicas y antiinflamatorias del OU. Se ha observado que promueve la proliferación de bacterias beneficiosas (*Lactobacillus* spp., *Faecalibacterium prausnitzii* y *Bifidobacterium* spp.) e inhibe otras que son patógenas, impactando positivamente en el crecimiento y algunos parámetros indicadores de la salud animal (Kafantaris *et al.*, 2018; Chedea *et al.*, 2018; Wang *et al.*, 2020). Sin embargo, existen pocos estudios en cerdos, especialmente su efecto prebiótico en la etapa de finalización. De ahí que, este trabajo evaluó el efecto de la adición del orujo de uva sobre la microbiota intestinal (*Lactobacillus* spp., *Faecalibacterium prausnitzii*, *E. coli* y *Campylobacter* spp.) y el desempeño productivo de cerdos finalizadores.

MATERIALES Y METODOS

Todos los procedimientos relacionados con el manejo y cuidado de los animales se realizaron dentro de los lineamientos oficiales mexicanos aprobados para el cuidado de animales según la NOM-EM-051-ZOO-1995.

Animales y dietas

El trabajo experimental se realizó en la unidad de producción porcina del Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora, sede Hermosillo (D.A.G UNISON) en los meses de mayo y junio del 2022. Las muestras recolectadas se analizaron en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. (CIAD). Se utilizaron un total de 20 cerdos macho Landrace x Yorkshire finalizadores, alojados individualmente en corrales provistos de bebedero y comedero. La fase de suplementación se realizó durante los 31 días previos al sacrificio. Diez corrales fueron asignados aleatoriamente a uno de los siguientes tratamientos: Grupo Testigo (animales que reciben dieta basal, DB sin OU) y grupo OU (animales recibiendo DB + 25 g OU/kg de alimento). La dieta basal fue adquirida de la empresa Kowi® que corresponde a dieta para cerdos finalizadores Fase 7 y cumple con las recomendaciones de la NRC (2012); la composición del alimento se describe en la Tabla 1. El OU de variedad Tempranillo, 48 h después del prensado fue suministrado por una empresa productora de vino industrial en Ensenada, Baja California, se secó en un horno de convección ENVIRO-PAK, modelo Micro-Pak, serie MP500 (Clackamas, OR, USA) a 60°C durante 6 h y se obtuvo un producto con una humedad menor de 10%. El OU seco se molió a un tamaño de partícula de 1 mm en un equipo Pulvex 200 (Cd. México, Mex) para obtener la harina de OU y se empacó, bolsas de plástico selladas al vacío, se protegió de la luz y se mantuvo a 4 °C hasta su uso. Se adicionó en

Tabla 1. Composición y análisis proximal del alimento para cerdos finalizadores.

Table 1. Composition and proximate analysis of the diet for finishing pig.

Ingredientes	(kg/ton)
Trigo	762
Pasta de soya	170
Aceite	44
MIC*	24
Análisis proximal (%)	
Proteína	14.0
Humedad	11.9
Grasa	7.0
Fibra	2.0
ELN**	56.1

*MIC. Contiene vitaminas, minerales y aminoácidos que cubren los requerimientos de los cerdos en fase finalización de acuerdo con la NRC (2012).

**ELN: Extracto libre de nitrógeno: se consideran Carbohidratos, se obtuvo por diferencia.

forma harina (Kumanda *et al.*, 2019). El alimento y el agua se proporcionaron *ad libitum*.

La determinación de la composición proximal de la harina de OU se realizó en un laboratorio de CIAD, A.C., por los métodos oficiales de la AOAC (2005), en cuanto a la fibra total, fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA), fueron determinadas por un laboratorio externo AGROLAB MEXICO (Durango, Dgo, México), mientras que para la extracción de sus compuestos fenólicos se empleó la metodología descrita por Casagrande *et al.*, (2019). Para la determinación de fenoles totales y flavonoides se llevaron a cabo los métodos de Folin-Ciocalteu (Singleton y Rossi, 1965) y Park *et al.*, (1998) respectivamente. La capacidad antioxidante total de OU se midió usando la metodología descrita por Echegaray *et al.*, (2021) para las técnicas de 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH), potencial reductor férrico (FRAP) y el TEAC equivalente en trolox por la técnica de ácido 2, 2' Azinobis-3-etil- benzotiazolin-6 sulfónico (ABTS).

Recolección de muestra de heces

Se recolectaron muestras de heces previa a la suplementación y a los 31 días posteriores a la suplementación, para evaluar el comportamiento de la microbiota. Se recolectaron muestras de cuatro animales por tratamiento en cada tiempo mencionado. Para su colecta, se realizó un estímulo del esfínter anal a los animales y las heces se colocaron directamente en un frasco estéril para muestras clínicas. Las muestras fueron etiquetadas y colocadas en una hielera para su transporte a los laboratorios de CIAD. Fueron almacenadas a 4 °C y procesadas dentro de las primeras 24 h.

Análisis de Microbiota

Las extracciones de ADN se llevaron a cabo utilizando el QIAmp Fast DNA Stool Minikit de QIAGEN, siguiendo las instrucciones del fabricante. Se identificaron las bacterias de

interés en este estudio, empleando secuencias de iniciadores publicadas (Tabla 2). Para la detección de los géneros *Lactobacillus*, *Faecalibacterium*, *Campylobacter*, *E. coli* y procarionta se utilizó HotStart-IT® SYBR® Green qPCR Master Mix Kit (Affymetrix; Lot. 4274886; Santa Clara, CA). La amplificación se realizó en el termociclador StepOne TM (Applied Biosystems).

Para la cuantificación de los géneros bacterianos seleccionados, se determinó la abundancia relativa en función de la amplificación relativa. Para el análisis se utilizó la relación entre niveles de expresión del gen de interés con respecto al de un gen de referencia, para obtener los valores de ΔCt (Ct gen interés - Ct gen de referencia). En donde Ct es el ciclo en el que se detecta la fluorescencia acumulada por encima del nivel umbral, lo que es inversamente proporcional a la cantidad de templado (ADN) inicial en la muestra.

Se emplearon los valores de Ct de la detección del gen 16S de procariontas como gen de referencia y el valor de Ct del género específico evaluado para obtener el valor de la amplificación relativa (Livak y Schmittgen, 2001). Los valores de abundancia relativa se obtuvieron con la siguiente ecuación: $2^{-\Delta Ct}$.

Comportamiento productivo

Todos los animales se pesaron individualmente al inicio y al final del experimento, utilizando una balanza electrónica DIABATEC Modelo Lumina (Guadalajara, Mex.). La ganancia diaria promedio (GDP) se estimó por la diferencia entre el peso inicial y final dividido entre los 31 d del período de alimentación. El consumo de alimento se evaluó diariamente a partir de la diferencia de peso entre el alimento ofrecido y el alimento rechazado, se utilizó una báscula DIABATEC modelo Básica (Guadalajara, Mex.). La tasa de conversión alimenticia (CA) por corral/tratamiento se basó en el consumo promedio de alimento y GDP. Los animales también se observaron diariamente durante todo el estudio y no se observaron efectos adversos a la suplementación del OU.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se verificó normalidad de los datos por la prueba de Kolmogorov y homogeneidad de varianzas por la prueba de Levene. Para los resultados de capacidad antioxidante y composición

proximal del OU, se realizó estadística descriptiva. Todos los datos se analizaron bajo un diseño completamente al azar. Para las variables de desempeño productivo, el análisis de varianza incluyó los tratamientos como efecto fijo y el peso inicial individual del animal como covariable. Se consideró a cada animal como la unidad experimental. Los datos de abundancia de la MI se analizaron mediante un análisis de varianza de una vía, ajustando como factor principal a los tratamientos y como covariable a los valores iniciales de la MI. Los valores de abundancia relativa de la MI al final de la suplementación, fueron transformados a Log10 para ajustarlos a la normalidad. La significación se estimó a un nivel de probabilidad de 0.05 en el tipo de error I. Todos los datos se procesaron mediante el paquete estadístico NCSS (Hintze, 2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis proximal, contenido de fenoles y capacidad antioxidante del OU se reporta en la Tabla 3. El orujo de uva utilizado en este estudio presentó un contenido de fibra cruda del 24.12 %, de los cuales la FDA y la FDN representan un 40.48% y 28.43 %, de ese porcentaje respectivamente. Además, su contenido de fenoles totales fue de 20.81 ± 0.7 mg EAG/g, mientras que de flavonoides un contenido de 11.3 ± 2.12 mg EC/g. Respecto a su capacidad antioxidante por las técnicas de FRAP, TEAC y DPPH, esta fue de 104.74 ± 8.8 , 139.4 ± 3.57 , 114.82 ± 2.26 μ M ET/g, respectivamente. Estudios como el de Taranu *et al.* (2020), en donde suplementaron 8 % de harina de semilla de uva en la dieta de cerdos destetados, reportaron un contenido de fenoles totales de 795 mg EAG/L (0.795 mg EAG/g) en la harina. Si bien, su contenido de fenoles es mucho menor a lo reportado en este estudio, observaron una mejora en el estrés oxidativo. Mientras que Taranu *et al.* (2018), suplementaron durante 24 d a cerdos finalizadores con un 5 % de harina de semilla de uva con un contenido de fenoles totales de 53.55 mg EAG/g, predominando flavonoles y antocianinas, y una actividad antioxidante de 32.70 μ M ET/g mediante DPPH. Además, estos autores reportaron que la harina de semilla de uva presentó por cada 100 g, un contenido de proteína de 10.61 g y 40.66 g de fibra cruda, lo que indica un menor contenido de proteína y mayor contenido de fibra, en comparación al orujo utilizado en el presente

Tabla 2. Secuencias de iniciadores utilizados en qPCR para el análisis de abundancia relativa de géneros y especies de la microbiota intestinal.

Tabla 2. Sequences of primers used in qPCR for gut microbiota analysis.

Especie	Primer	Secuencia 5' - 3'	Referencia
Procariontas	F_Bact1369 R_Prok1492	CGGTGAATA CGT TCC CGG TAC GGC TAC CTT GTT ACG ACT T	Furet <i>et al.</i> , 2009
<i>Lactobacillus</i> (391bp)	F_Lacto 05 R_Lacto 04	AGC AGT AGG GAA TCT TCC A CGC CAC TGG TGT TCY TCC ATA TA	Furet <i>et al.</i> , 2009
<i>Faecalibacterium</i> (<i>F. prausnitzii</i>)	FPR-1F FPR-2R	AGATGGCCTCGCGTCCGA CCGAAGACCTTCTTCTCC	Halmos <i>et al.</i> , 2015
<i>Campylobacter</i>	Campi_F Campi_R	GGATGACACTTTTCGGAG AATCCATCTGCCTCTCC	Rinttilä <i>et al.</i> , 2004
<i>E. coli</i>	E.coli F E.coli R	CAT GCC GCG TGT ATG AAG AA CGG GTA ACG TCA ATG AGC AA	Huijsdens <i>et al.</i> , 2002

Tabla 3. Análisis proximal, contenido de fenoles y capacidad antioxidante del orujo de uva.**Table 3.** Proximate analysis, phenols, and antioxidant capacity of grape pomace.

Análisis proximal (%)*	Orujo de Uva
Proteína	13.42 ± 0.02
Humedad	7.88 ± 0.043
Grasa	7.61 ± 0.15
Fibra Cruda**	24.12
Fibra en Detergente Acido (FDA)	40.48
Fibra en Detergente Neutral (FDN)	28.43
Fibra en Detergente Neutral, libre de cenizas	31.09
Ceniza	6.98
FRAP μM ET/g	104.74 ± 8.8
TEAC μM ET/g	139.40 ± 3.57
DPPH μM ET/g	114.82 ± 2.26
FT mg EAG/g	20.81 ± 0.7
Flavonoides mg EC/g	11.3 ± 2.12

* Official Methods of Analysis of Chemists, AOAC International, Ed 18th, 2005.

** AGROLAB México S.A. de C.V.

ET= Equivalentes de trolox, EAG: Equivalentes de ácido gálico, EC: Equivalentes de catequina.

estudio. Por otro lado, Kafantaris *et al.* (2018), suplementaron un ensilado con 9 % de orujo de uva en la dieta de lechones destetados a los 20 d de edad. Según su estudio, la dieta con orujo de uva mostró una actividad antioxidante de 9.8 mg/mL medida por DPPH, y un contenido de fenoles totales de 0.82 mg EAG/g.

Como se puede observar, el contenido de fenoles totales, la capacidad antioxidante y algunos aspectos de la composición proximal como el contenido de fibra en el orujo de uva, pueden variar si éste es adicionado como harina, ensilado o bien, si está hecho a partir de varios componentes de la uva o solo alguno de ellos, como la semilla, ya que de esto depende su efecto en la MI y su efecto sobre los parámetros productivos.

Comportamiento productivo

Los valores medios de cada tratamiento referentes al peso inicial, peso final, ganancia de peso diaria, ganancia de peso, consumo de alimento diario y conversión alimenticia durante el periodo experimental de los 31 días se presentan en la Tabla 4. Se observó que no hubo diferencias significativas ($p > 0.05$) en el peso inicial (d-0) entre el grupo testigo (80.08 ± 2.70 kg) y el grupo OU (80.04 ± 2.70 kg). Pasados los 31 días se presentó un peso final mayor ($p < 0.05$) en los animales suplementados con el OU, reportándose un peso medio de 119.55 ± 2.4 kg, con relación al grupo testigo, donde se presentó un peso de 115.37 ± 2.60 kg. La suplementación con OU mostró un efecto positivo en la GDP 1.27 ± 0.03 y en la ganancia total de 39.50 ± 1.13 kg, ambas significativamente mayores ($p < 0.05$) en comparación al grupo testigo 1.15 ± 0.03 y 35.93 ± 1.93, respectivamente. Por otro lado, el consumo de alimento diario también fue mayor ($p < 0.05$) en los animales suplementados con OU, con un consumo medio de 3.41 ± 0.07 kg con respecto testigo el cual mostró un

Tabla 4. Desempeño productivo de los cerdos finalizadores suplementados con orujo de uva (OU) y dieta testigo durante 31 días.**Table 4.** Productive performances of finishing pigs supplemented with grape pomace (GP) and control diet for 31 days.

	Testigo	OU
Peso inicial, kg	80.08 ^a ± 2.70	80.04 ^a ± 2.70
Peso final, kg	115.37 ^a ± 2.60	119.55 ^b ± 2.4
Ganancia de peso diaria promedio	1.15 ^a ± 0.03	1.27 ^a ± 0.03
Ganancia de peso 31 d, kg	35.93 ^a ± 1.19	39.50 ^b ± 1.13
Consumo de alimento, kg	3.10 ^a ± 0.07	3.41 ^b ± 0.07
Conversion de alimento, kg	2.68 ^a ± 0.09	2.70 ^a ± 0.08

n = 10 cerdos por tratamiento; ^{ab} valores promedios con diferente superíndice dentro del renglón son diferentes ($p < 0.05$). ± error estándar.

consumo de 3.10 ± 0.07 kg. Sin embargo, la suplementación no tuvo un efecto significativo ($p > 0.05$) sobre la conversión alimenticia, aunque benefició la ganancia de peso, también incrementó el consumo de alimento. Este aumento en el consumo de alimento indica el potencial que tiene el OU para mejorar la palatabilidad del alimento, tal como ha sido documentado en otras especies por investigaciones previas (Tayengwa *et al.*, 2020; Tayengwa *et al.*, 2021). Al evaluar las diferencias en términos de costos de producción, se observa que, a pesar del aumento en el consumo de alimento, éste no tuvo un gran impacto, ya que el incremento en la ganancia de peso fue del 10% en comparación con el grupo de control. Esto podría reducir los tiempos de producción en la granja, ya que, por ejemplo, para alcanzar un peso final de 115 kg para el sacrificio, se requieren 27 d con el grupo con OU y 30 d con el grupo de testigo. Esto se calcula considerando la diferencia entre el peso objetivo y el peso inicial dividido por la ganancia de peso diaria, lo que resulta en una diferencia de tres días menos para el grupo OU.

Si bien, son escasos los estudios que evalúan el efecto del OU en el comportamiento productivo de cerdos en la etapa de finalización, existen estudios donde reportan su efecto en etapas de producción más tempranas, sin embargo, resultan contrastantes entre ellos y con nuestros resultados. Estudios como el de Chedea *et al.* (2018), en donde suplementaron con 5 % de OU a lechones recién destetados durante 36 d, reportan un incremento en el consumo de alimento diario promedio, pero no un efecto en la ganancia de peso. Mientras que estudios como el de Kafantaris *et al.* (2018), en donde evaluaron la suplementación de un ensilaje con 9 % de OU durante 30 días, como aditivo alimentario en la dieta de lechones destetados con 20 días de edad, sí observaron un incremento del 23.65 % en la GDP a lo largo de todo el periodo experimental con relación al testigo. Dicho porcentaje, representó una diferencia de 0.044 kg/d, ya que se observó una GDP de 0.186 ± 0.01 kg/d en el control y 0.230 ± 0.01 kg/d en el grupo suplementado con OU. Además de observar que, con la suplementación el consumo de alimento promedio fue significativamente mayor de los 35 a 50 d de edad, mientras que la conversión alimenticia fue significativamente más baja de los 20 a 35 d de edad. En cerdos lechones el OU presentó una GDP mayor, 0.044 kg/d más con relación al control; mientras que, en el presente trabajo en cerdos finalizadores, dicha diferencia fue de 0.27 kg/d.



Por otro lado, los estudios de Hao *et al.* (2015) y Wang *et al.* (2020), en donde suplementaron con procianidinas de semilla de uva (en concentraciones de 50, 100, 150 mg/kg) y con 5 % de OU, respectivamente, durante 4 semanas a cerdos destetados, no reportaron un efecto en el comportamiento productivo. Así también, en el estudio de Sehm *et al.* (2011), en donde suplementaron durante 19 días a 36 lechones de 31 d de edad con 3.5 % de OU, no se reportaron cambios significativos en el consumo de alimento y la GDP con relación al testigo.

Si bien, en el presente estudio, la inclusión de 25 g de OU/kg no presentó un aumento significativo en la conversión alimenticia de cerdos finalizadores respecto al control, si mostró un efecto en el consumo de alimento y en la ganancia de peso. Se considera que la alimentación puede representar hasta el 70% de los costos totales de producción (Pomar y Remus, 2019), la utilización de OU puede mitigar dichos costos al acortar los tiempos de producción, permitiendo que el animal alcance el peso de mercado antes de tiempo y reduciendo así también los costos de su mantenimiento.

Microbiota Intestinal

El comportamiento que mostró la abundancia relativa de los géneros de interés al transcurrir el periodo experimental independientemente del tratamiento se observa en la Figura 1. Al concluir la suplementación, la abundancia relativa de *Lactobacillus* y *E. coli* no mostró un cambio ($p > 0.05$) en

comparación con su abundancia previa a la suplementación, en ambos tratamientos (testigo y OU). En cuanto a *Faecalibacterium*, disminuyó ($p < 0.05$) en ambos tratamientos al transcurrir el periodo experimental. Mientras que *Campylobacter* disminuyó ($p < 0.05$) en el grupo testigo y se mantuvo sin diferencias ($p > 0.05$) en el grupo suplementado con OU. Luo *et al.* (2022), reportaron que los géneros *Lactobacillus* y *Faecalibacterium* son de los más abundantes durante el crecimiento del cerdo. Sin embargo, *Lactobacillus* es de los más abundantes y mayormente asociado a la etapa de lactancia, mientras que *Faecalibacterium* es de las predominantes en la etapa de crecimiento, pero no en la de finalización, lo que sugiere que estos dos géneros disminuyen conforme el animal se acerca a la finalización. Mientras que el género *Escherichia*, se reporta presente en todas las etapas de vida, principalmente en la lactancia. Lo anterior, podría explicar el comportamiento de estos géneros a través del tiempo independientemente de la suplementación con OU en el presente trabajo. En cuanto a *Campylobacter* y *E. coli*, se han observado en diversas etapas de vida del cerdo, principalmente en la lactancia, durante la transición hacia un alimento sólido y durante el crecimiento, siendo *Campylobacter coli* y *Campylobacter jejuni* las de mayor prevalencia (Young *et al.*, 2000; Alter *et al.*, 2005; De Rodas *et al.*, 2018). Aunque, este género puede estar presente en diferentes etapas de vida, se ha observado que su abundancia relativa incrementa en cerdos desafiados por *E. coli* (Kaevska *et al.*, 2016).

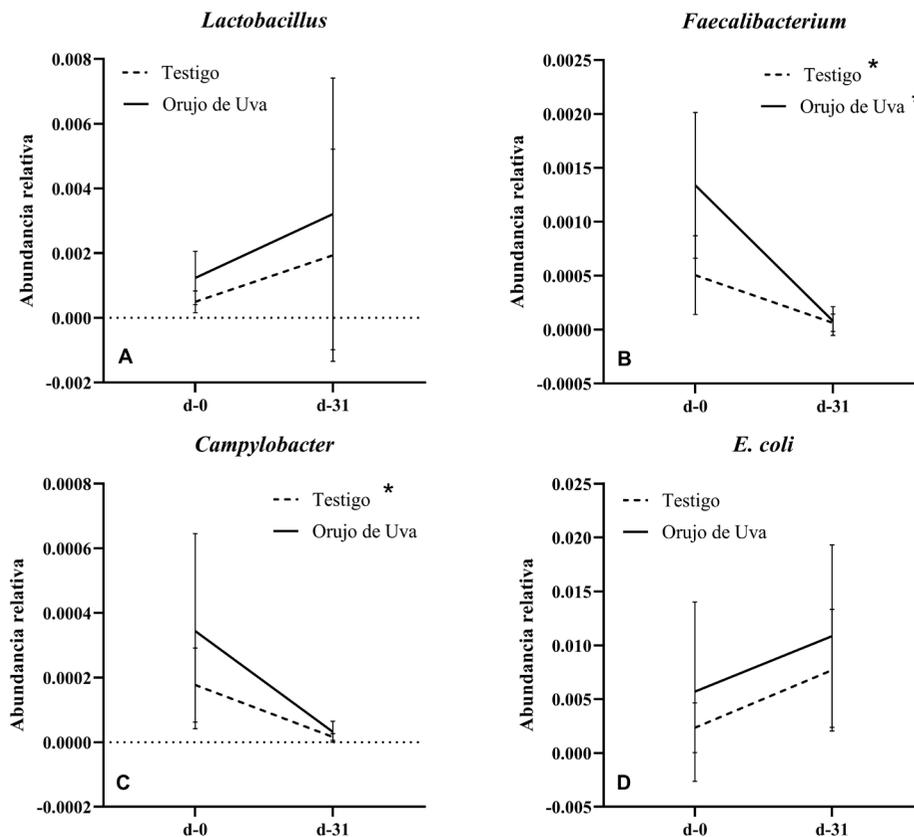


Figura 1. Comportamiento de la abundancia relativa de los géneros bacterianos de interés del día 0 al día 31. *Se comparó estadísticamente la abundancia relativa del día 0 con la del día 31, para cada género de interés en ambos tratamientos, considerando una $p < 0.05$ como significativa.

Figure 1. Abundant relative of the bacterial genera at day 0 and 31. *The relative abundance at day 0 was statistically different compared with that of day 31 for each genus of interest in both treatments, considering $p < 0.05$ as significant.

En cuanto al efecto de la suplementación de OU en los géneros estudiados, no se observó diferencias ($p > 0.05$) en la abundancia relativa de *Lactobacillus*, *Faecalibacterium* y *E. coli*, con relación al tratamiento testigo; mientras la de *Campylobacter* fue mayor en los animales suplementados con OU ($p < 0.05$) (Figura 1; Figura 2).

Million *et al.* (2012), reportaron que varias de las especies pertenecientes al género *Lactobacillus* están asociadas a la ganancia de peso tanto en humanos como en animales, además, poseen un efecto probiótico por lo que son consideradas parte de la MI benéfica. En cerdos sanos, se ha observado que *Lactobacillus* es uno de los principales géneros, además se ve incrementado en el ciego y heces de cerdos que presentan una mayor eficiencia alimenticia (Yang *et al.*, 2017; Bergamaschi *et al.*, 2020). En el presente trabajo, la adición de OU no tuvo un efecto en la abundancia relativa de *Lactobacillus* ($p > 0.05$), esto con relación al testigo. Si bien, la abundancia de este género usualmente disminuye posterior al destete conforme el animal crece, se han reportado en estudios como el de Wang *et al.*, (2020) y Choy *et al.*, (2014) un incremento significativo de este género al adicionar orujo o extracto de uva en dietas para lechones, por lo que se esperaba un resultado similar. Lo anterior, resulta contrastante con el estudio de Grosu *et al.*, (2020) en donde suplementaron a cerdos destetados con peso medio de 9.13 kg con harina de semilla de uva, la cual, se asoció con la disminución de *Lactobacillus*, atribuido por los autores al tipo de compuestos fenólicos en la harina y su concentración. De igual forma, la harina de semilla de uva disminuyó la proliferación de *Faecalibacterium*, sin embargo, este género se asoció a niveles significativamente altos de butirato.

Por otro lado, Quan *et al.*, (2020) encontraron una asociación del género *Faecalibacterium*, con la eficiencia alimenticia. A pesar de que, otros estudios como el de McCormack *et al.*

(2019) y Niu *et al.*, (2019) reportaron una menor abundancia de *Faecalibacterium* en heces de cerdos con mayor eficiencia alimenticia, no se puede asociar directamente este género con una eficiencia alimenticia deficiente debido a su capacidad de producir butirato, el cual posee actividad antiinflamatoria y se relaciona benéficamente con el aprovechamiento del alimento. Grosu *et al.* (2020). Además, *Faecalibacterium prausnitzii* es considerado como un probiótico de nueva generación (Almeida *et al.*, 2020). Este género, es también asociado al consumo de antibióticos promotores de crecimiento y al consumo de fibra lo cual puede influir en su abundancia en el intestino (Koh *et al.*, 2016; Broom, 2018; Pluske y Zentek, 2019b). Estudios como el de Massacci *et al.* (2020), reportaron que el destete tardío puede también promover la proliferación de *Faecalibacterium*, permitiéndole al animal acumular una mayor abundancia de microorganismos benéficos antes del destete, y así, disminuir la disbiosis intestinal posterior a esta etapa de gran estrés y riesgo para el animal. Lo cual, hace a este género bacteriano importante de evaluar en la etapa de finalización, esperando un efecto positivo de la suplementación del OU sobre la proliferación de este género, con el objetivo de reducir problemas infecciosos en los animales y mantener una mejor salud intestinal. Sin embargo, no se observó en el presente estudio, un incremento significativo ($p > 0.05$) en la abundancia de *Faecalibacterium* con la suplementación. Esto, se puede atribuir a la alta abundancia relativa de *E. coli*, en relación con los demás géneros de interés, ya que se ha observado en lechones destetados desafiados con *E. coli*, que la abundancia de *Faecalibacterium* y *Lactobacillus* se ve disminuida, mientras que *Campylobacter* incrementa (Kaevska *et al.*, 2016), un comportamiento similar a lo observado en el presente trabajo en cerdos finalizadores.

En cuanto a *Campylobacter*, su abundancia relativa incrementó ($p < 0.05$) con la suplementación de OU. En parte,

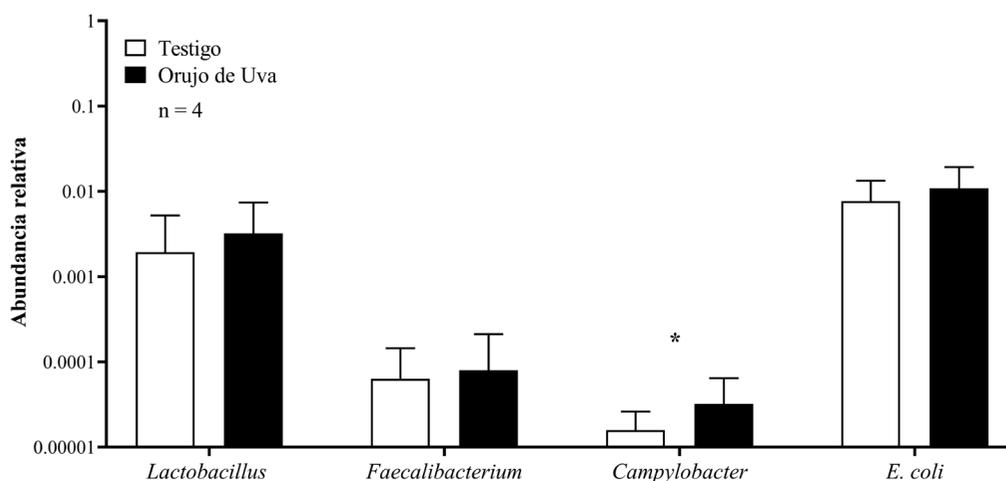


Figura 2. Abundancia relativa de los géneros bacterianos al final de la suplementación. La abundancia relativa se obtuvo de cuatro animales por tratamiento seleccionados aleatoriamente y se representaron en Log_{10} . *La diferencia entre tratamientos fue evaluada por ANOVA, considerando las abundancias relativas previas a la suplementación como covariable.

Figure 2. Relative abundance of bacterial genera at the end of supplementation. The relative abundance was obtained from four randomly selected animals per treatment and represented in Log_{10} . *Difference between treatments was evaluated by ANOVA, considering the relative abundances prior to supplementation as a covariate.

similar a lo encontrado en este trabajo, Williams *et al.*, (2017) reportaron que la adición en un 5 % de OU rico en polifenoles a una dieta basal para cerdos machos y hembras de 7 - 8 semanas de edad, además de disminuir la abundancia relativa del género *Lactobacillus*, incrementó la de *Campylobacter*. Mientras que Kafantaris *et al.* (2018), evaluaron la suplementación de un ensilaje con 9 % de OU durante 30 d como aditivo alimentario en la dieta de 24 lechones destetados con 20 d de edad, y observaron que *Campylobacter* sí se vio disminuida. Además, mejoró el crecimiento de bacterias probióticas facultativas (hasta en 1.2 log UFC/g) y bacterias ácido-lácticas (hasta 2.0 log UFC/g) significativamente. Sin embargo, en este estudio, para la evaluación del crecimiento bacteriano se incubaron previamente en medios de cultivo en incubadoras termoestables y su crecimiento se expresó en log UFC/g, lo cual podría tener menos exactitud que la determinación por alguna técnica molecular.

Bacterias patógenas, como las pertenecientes al género *Escherichia*, se han correlacionado negativamente con la ganancia de peso diaria y el peso de la canal de cerdos de engorde, mientras que cerdos más magros se reporta una menor abundancia de estas bacterias en el íleon y ciego. De igual forma, la reducción en la abundancia de bacterias patógenas se relaciona con la reducción de la inflamación intestinal (Yang *et al.*, 2016; Torres-Pitarch *et al.*, 2020; Gardiner *et al.*, 2020). De hecho, *Escherichia coli* enterotoxigénica (ETEC) es el patógeno epidémico transmitido por alimentos más común que causa diarrea. La cual, es desencadenada por las adhesinas fimbriales y la enterotoxina, que promueven que las bacterias patógenas se adhieran a las células epiteliales intestinales y provoquen alteración de los electrolitos y un desequilibrio ácido-base (Fleckenstein *et al.*, 2010; Liu *et al.*, 2017; Bin *et al.*, 2018). Por lo anterior, es de gran importancia encontrar alternativas alimentarias que contribuyan a mitigar la proliferación de estos patógenos y su efecto en el comportamiento productivo animal.

Se ha observado, que suplementos ricos en compuestos fenólicos, principalmente en proantocianidinas pueden actuar controlando bacterias patógenas como *E. coli*, evitando futuros problemas infecciosos en los cerdos (Verhelst *et al.*, 2014). Sin embargo, en el presente trabajo no se presentaron cambios en la abundancia relativa ($p > 0.05$) de *E. coli* con la suplementación, coincidiendo con lo reportado por Wang *et al.* (2020), donde reportan que si bien, *E. coli* incrementó un poco con la suplementación de OU, este incremento no fue significativo.

El efecto moderado de la suplementación de OU en la MI es principalmente atribuido al contenido y tipo de compuestos fenólicos en el orujo y su nivel de inclusión en la dieta, así como también pudo influir la variedad de uva, el hecho de que se suplementó como una harina y la composición de ésta.

CONCLUSIONES

La suplementación con OU en la dieta de cerdos finalizadores tuvo un efecto positivo en la ganancia de peso, esto sugiere

que la suplementación de este subproducto a los cerdos en finalización podría disminuir los tiempos de producción, permitiendo que el animal llegue más rápido al peso deseado eficientizando los costos de producción.

La administración dietaria de OU mostró un efecto solo en la abundancia de *Campylobacter*. Aunque no se observó el comportamiento esperado en la microbiota intestinal, es importante considerar que el OU podría tener un efecto beneficioso en la salud intestinal debido a su influencia en otras poblaciones o géneros microbianos no evaluados en este estudio. Por lo tanto, se sugiere que futuras investigaciones aborden la evaluación de estas poblaciones no considerados, así como la determinación de dosis óptimas para maximizar los posibles beneficios del OU.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCyT), por la beca de posgrado otorgada a Kevin Alberto Avilés Peterson. Así como también al Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora por las facilidades otorgadas para el uso de las instalaciones para el trabajo experimental.

CONFLICTOS DE INTERES

Los autores declaran no hay ningún conflicto de interés.

REFERENCIAS

- AOAC. 2005. Official method of Analysis. 18th Edition, Association of Officiating Analytical Chemists, Washington D.C.
- Almeida, D., Machado, D., Andrade, J.C., Mendo, S., Gomes, A.M. y Freitas, A.C. 2020. Evolving trends in next-generation probiotics: a 5W1H perspective. *Critical Review in Food Science and Nutrition*. 60(11):1783-1796.
- Alter, T., Gaull F., Kasimir S., Gürtler M., Mielke H., Linnebur M., Fehlhaber K. 2005. Prevalences and transmission routes of *Campylobacter* spp. Strains within multiple pig farms. *Veterinary Immunology*. 108(3-4): 251-261.
- Balbinoti, T.C.V., Stafussa, A.P., Haminiuk, C.W.I., Maciel, G.M., Sasaki, G.L., Jorge L.M.D.M. y Jorge R.M.M. 2020. Addition of grape pomace in the hydration step of parboiling increases the antioxidant properties of rice. *International Journal of Food Science and Technology*. 55(6): 2370-2380.
- Bergamaschi, M., Tiezzi, F., Howard, J., Huang, J.Y., Kent, A. G. Schillebeeckx, C., McNulty, N. P. y Maltecca, C. 2020. Gut microbiome composition differences among breeds impact feed efficiency in swine. *Microbiome* 8 (110): 1-15.
- Bin, P., Tang, Z., Liu, S. Chen, S., Xia, Y., Liu, J., Wu, H., y Zhu, G. 2018. Intestinal microbiota mediates Enterotoxigenic *Escherichia coli*-induced diarrhea in piglets. *BMC Veterinary Research* 14(385): 1-13.
- Broom, L.J. 2018. Gut barrier function: effects of (antibiotic) growth promoters on key barrier components and associations with growth performance. *Poultry Science*. 97(5): 1572-1578.
- Carlson, M.S. y Fangman, T.J. 2018. Swine antibiotics and feed additives: food safety considerations. Department of Animal Sciences, University of Missouri-Columbia.

- Casagrande, M., Zanela, J., Pereira, D., de Lima, V.A., Oldoni, T.L.C. y Carpes, S.T. 2019. Optimization of the extraction of antioxidant phenolic compounds from grape pomace using response surface methodology. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 13(2):1120-1129.
- Chedea, V.S., Palade, L.M., Marin, D.E., Pelmus, R.S., Habeanu, M., Rotar, M.C., Gras, M.A., Pistol, G.C. y Taranu I. 2018. Intestinal absorption and antioxidant activity of grape pomace polyphenols. *Nutrients*. 10(5): 588.
- Choy, Y.Y., Quifer-Rada, P., Holstege, D.M., Frese S.A., Calvert, C.C., Mills D.A., Lamuela-Raventos, R.M. y Waterhouse, A.L. 2014. Phenolic metabolites and substantial microbiome changes in pig feces by ingesting grape seed proanthocyanidins. *Food & Function*. 5(9): 2298-2308.
- CODEX. 1997. Límites máximos del codex para residuos de medicamentos veterinarios. [Consultado 12 de Septiembre del 2022]. Disponible en: <http://www.apps1.fao.org>.
- CORDIS. 2022. [Consultado 12 de Marzo 2023]. Disponible en: <https://cordis.europa.eu/article/id/20620-regulation-bans-antibiotics-as-growth-promoters-in-animal-feed/es>.
- De Rodas, B., Youmans, B.P., Danzeisen, J.L., Tran, H. y Johnson, T.J. 2018. Microbiome profiling of commercial pigs from farrow to finish. *Journal of Animal Science*. 96(5): 1778-1794.
- Echegaray, N., Munekata, P.E.S., Centeno, J.A., Pateiro, M., Carballo, J. y Lorenzo, J.M. 2021. Total phenol content and antioxidant activity of different celta pig carcass locations as affected by the finishing diet (chestnuts or commercial feed). *Antioxidants*. 10(5):1-19.
- Fleckenstein, J.M., Hardwidge, P.R., Munson, G.P. Y Rasko, D.A. 2010. Sommerfelt H, Steinsland H. Molecular mechanisms of enterotoxigenic *Escherichia coli* infection. *Microbes & Infection*. 12(2):89-98.
- Furet, J.P., Firmesse, O., Gourmelon, M., Bridonneau, C., Tap, J., Mondot, S., Doré, J. y Corthier, G. 2009. Comparative assessment of human and farm animal faecal microbiota using real-time quantitative PCR. *FEMS Microbiology Ecology*. 68(3): 351-362.
- Gardiner, G.E., Metzler-Zebeli, B.U., Lawlor, P.G. 2020. Impact of intestinal microbiota on growth and feed Efficiency in Pigs: A Review. *Microorganisms*. 28;8(12):1886.
- Grosu, I. A., Pistol, G.C., Marin, D.E., Cismileanu, A., Palade. L.M., y Taranu I., 2020. Effects of dietary grape seed meal bioactive compounds on the colonic microbiota of weaned piglets with dextran sodium sulfate-induced colitis used as an inflammatory model. *Frontier Veterinary Science*. 7(31):1-14.
- Guevarra, R.B., Hong, S.H., Cho, J.H., Kim, B.R., Shin, J., Lee, J.H., Kang, B.N., Kim, Y.H., Wattanaphansak, S., Isaacson, R.E., Song, M. y Kim H.B. 2018. The dynamics of the piglet gut microbiome during the weaning transition in association with health and nutrition. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 9(1): 1-9.
- Halmos, E.P., Christophersen, C.T., Bird, A.R., Shepherd, S.J., Gibson, P.R. y Muir J.G. 2015. Diets that differ in their FODMAP content alter the colonic luminal microenvironment. *Gut*. 64(1): 93-100.
- Hao, R, Li, Q., Zhao, J., Li, H., Wang, W., y Gao, J. 2015. Effects of grape seed procyanidins on growth performance, immune function and antioxidant capacity in weaned piglets. *Livestock Science*. 17: 237-242
- Koh, A, De Vadder, F, Kovatcheva-Datchary, P., y Bäckhed F. 2016. From dietary fiber to host physiology: short-chain fatty acids as key bacterial metabolites. *Cell*. 65(6):1332-1345.
- Hintze, J. 2007. NCSS, PASS y GESS. Number Cruncher Statistical Systems. Kaysville, Utah.
- Huijsdens, X.W., Linskens, R.K., Mak, M., Meuwissen, S.G., Vandenbroucke-Graults, C.M. y Savelkoul P.H. 2002. Quantification of bacteria adherent to gastrointestinal mucosa by real-time PCR. *Journal of Clinical Microbiology*. 40(12):z. 4423-4427.
- Kaevska, M., Lorencova, A., Videnska, P., Sedlar, K., Provaznik, I. y Trckova M. 2016. Effect of sodium humate and zinc oxide used in prophylaxis of post-weaning diarrhoea on faecal microbiota composition in weaned piglets. *Veterinárni Medicina*. 61(6): 328-336.
- Kafantaris, I., Stagos, D., Kotsampasi, B., Hatzis, A., Kyriotakis, A., Gerasopoulos, K., Makri, S., Goutzourelas N., Mitsagga, C., Giavasis, I., Petrotos, K., Kokkas, S., Goulas P., Christodoulou, V. y Kouretas, D. 2018. Grape pomace improves performance, antioxidant status, fecal microbiota and meat quality of piglets. *Animal*. 12(2): 246-255.
- Kim, H.B. y Isaacson, R.E. 2015. The pig gut microbial diversity: understanding the pig gut microbial ecology through the next generation high throughput sequencing. *Veterinary Microbiology*. 177(3-4): 242-251.
- Kumanda, C., Mlambo, V. y Mnisi, C.M. 2019. From landfills to the dinner table: Red grape pomace waste as a nutraceutical for broiler chickens. *Sustainability*. 11(7): 1931.
- Liu, G., Ren, W., Fang, J., C-AA, H., Guan, G., Al-Dhabi, N.A., Yin, J., Duraipandiyar, V., Chen, S., Peng, Y., Yin Y. 2017. L-glutamine and l-arginine protect against enterotoxigenic *Escherichia coli* infection via intestinal innate immunity in mice. *Amino Acids*. 49(12):1945-1954.
- Livak, K.J. y Schmittgen, T. D. 2001. Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the 2⁻(Delta Delta C(T)) method. *Methods* 25(4): 402-408.
- Looft, T., Johnson T.A., Allen, H.K., Bayles, D.O., Alt, D.P., Stedtfeld, R.D., Sul, W.J., Stedtfeld, T.M., Chai, B., Cole, J.R., Hashsham, S.A., Tiedje, J.M. y Stanton, T.B. 2012. In-feed antibiotic effects on the swine intestinal microbiome. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 109(5): 1691-1696.
- Luo, Y., Ren, W., Smidt, H., Wright, A.D.G., Yu, B., Schyns G., McCormack, U.M., Cowieson, A.J., Yu, J., He J., Yan, H., Wu J., Mackie, R.I. y Chen, D. 2022. Dynamic distribution of gut microbiota in pigs at different growth stages: composition and contribution. *Microbiology Spectrum*. 10(3): 1-15.
- McCormack, U. M., Curiao, T., Metzler-Zebeli, B. U., Magowan, E., Berry, D. P., Reyer, H., *et al.* 2019. Porcine feed efficiency-associated intestinal microbiota and physiological traits: finding consistent cross-locational biomarkers for residual feed intake. *mSystems*. 4(4):e00324-18.
- Massacci, F. R., Berri, M., Lemonnier, G., Guettier, E., Blanc, F., Jarret, D., y Estellé, J. 2020. Late weaning is associated with increased microbial diversity and *Faecalibacterium prausnitzii* abundance in the fecal microbiota of piglets. *Animal Microbiome*. 2(1):1-12.
- Million, M., Angelakis, E., Paul, M., Armougom, F., Leibovici, L. y Raoult, D. 2012. Comparative meta-analysis of the effect of *Lactobacillus* species on weight gain in humans and animals. *Microbial pathogenesis*. 53(2):100-108.
- National Research Council (NRC). 2012. Nutrient requirements of swine: 11th Revised Edition. The National Academies Press. Washington, DC.

- Niu Q, Li P, Hao S, Zhang Y, Kim SW, Li H, Ma, X., Gao, S., He, L., Wu, W., Huang, X., Hua, J., Zhou, B., y Huang, R.. 2015. Dynamic distribution of the gut microbiota and the relationship with apparent crude fiber digestibility and growth stages in pigs. *Science. Report.* 5:9938.
- Norma Oficial Mexicana NOM-051-ZOO-1995, trato humanitario en la movilización de animales. [Consultado 22 Marzo 2022]. Disponible en: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4870842&fecha=23/03/1998
- Park, Y.K., Ikegaki, M., Abreu, J.A. da S. y Alcici, N.M.F. 1998. Estudo da preparação dos extratos de própolis e suas aplicações. *Food Science and Technology.* 18(3): 313-318.
- Pluske, J.R., Miller, D.W., Sterndale, S.O. y Turpin, D.L. 2019a. Associations between gastrointestinal-tract function and the stress response after weaning in pigs. *Animal Production Science.* 59(11): 2015-2022.
- Pluske, J.R. y Zentek, J. 2019b. Gut nutrition and health in pigs and poultry. En *Poultry and Pig Nutrition.* Hendriks, W. H., Verstegen, M. W. A., y Babinszky, L (ed.), pp 77-95. Wageningen Academic Publishers.
- Pomar, C. y Remus, A. 2019. Precision pig feeding: a breakthrough toward sustainability. *Animal Frontiers.* 9(2): 52-59.
- Quan, J., Wu Z., Ye Y., Peng L., Wu J., Ruan D., Qiu Y., Ding R., Wang X., Zheng E., Cai G., Huang W. y Yang J. 2020. Metagenomic characterization of intestinal regions in pigs with contrasting feed efficiency. *Frontier Microbiology.* 11(32):1-13.
- Rinttilä, T., Kassinen, A., Malinen, E., Krogus, L. y Palva, A. 2004. Development of an extensive set of 16S rDNA-targeted primers for quantification of pathogenic and indigenous bacteria in faecal samples by real-time PCR. *Journal of Applied Microbiology.* 97(6): 1166-1177.
- Sehm, J., Treutter, D., Linder Mayer, H., Meyer, H.H.D. y Pfaffl, M.W., 2011. The influence of apple- or red-grape pomace enriched piglet diet on blood parameters, bacterial colonisation, and marker gene expression in piglet white blood cells. *Food Nutrition. Science.* 2: 366-376.
- Singleton, V.L. y Rossi, J.A.J. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture.* 16: 44-168.
- Taranu, I., Habeanu, M., Gras, M.A., Pistol, G.C., Lefter, N., Palade, M., Ropota, M., Sanda Chedea, V. y Marin, D.E. 2018. Assessment of the effect of grape seed cake inclusion in the diet of healthy fattening-finishing pigs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition.* 102(1): e30-e42.
- Taranu, I., Hermenean, A., Bulgaru, C., Pistol, G.C., Ciceu, A., Grosu, I.A. y Marin D.E. 2020. Diet containing grape seed meal by-product counteracts AFB1 toxicity in liver of pig after weaning. *Ecotoxicology and Environmental Safety.* 203: 110899.
- Tayengwa, T., Chikwanha, O. C., Raffrenato, E., Dugan, M. E., Mutsvangwa, T., y Mapiye, C. 2021. Comparative effects of feeding citrus pulp and grape pomace on nutrient digestibility and utilization in steers. *Animal,* 15 (1): 100020.
- Tayengwa, T., Chikwanha, O.C., Dugan, M.E.R., Mutsvangwa, T., y Mapiye, C. 2020. Influence of feeding fruit by-products as alternative dietary fibre sources to wheat bran on beef production and quality of Angus steers. *Meat Science.* 161: 107969.
- Torres-Pitarch, A., Gardiner, G.E., Cormican, P., Rea, M., Crispie, F., O'Doherty, J.V., Cozannet, P., Ryan, T., Cullen, J., y Lawlor, P.G. 2020. Effect of cereal fermentation and carbohydrase supplementation on growth, nutrient digestibility and intestinal microbiota in liquid-fed grow-finishing pigs. *Science Reports.* 10(1):13716.
- Verhelst, R., Schroyen, M., Buys, N. y Niewold, T. 2014. Dietary polyphenols reduce diarrhea in enterotoxigenic *Escherichia coli* (ETEC) infected post-weaning piglets. *Livestock Science.* 160: 138-140.
- Wang, R., Yu H., Fang, H., Jin, Y., Zhao, Y., Shen, J. y Zhang, J. 2020. Effects of dietary grape pomace on the intestinal microbiota and growth performance of weaned piglets. *Archives of Animal Nutrition.* 74(4): 296-308.
- Williams, A.R., Krych, L., Fauzan Ahmad, H., Nejsun, P., Skovgaard, K., Nielsen, D.S. y Thamsborg, S.M. 2017. A polyphenol-enriched diet and *Ascaris suum* infection modulate mucosal immune responses and gut microbiota composition in pigs. *PLoS One.* 12(10): e0186546.
- World Health Organization. 2012. The evolving threat of antimicrobial resistance: options for action. World Health Organization. [Consultado 12 de abril del 2023]. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/44812>.
- Yang, H., Huang, X., Fang, S., Xin, W., Huang, L., y Chen, C. 2016. Uncovering the composition of microbial community structure and metagenomics among three gut locations in pigs with distinct fatness. *Science Reports* 6:27427.
- Yang, H., Huang X., Fang S., He M., Zhao Y., Wu Z., Yang M., Zhang Z., Chen C., y Huang L. 2017 Unraveling the fecal microbiota and metagenomic functional capacity associated with feed efficiency in pigs. *Frontier Microbiology.* 8:1555.
- Young, C.R., Harvey, R., Anderson, R., Nisbet D., y Stanker, L.H. 2000. Enteric colonisation following natural exposure to *Campylobacter* in pigs. *Research in Veterinary Science.* 68(1): 75-78.