

Nota técnica

Efecto de la suplementación con ácidos orgánicos y aceites esenciales en la productividad de cerdas¹

Jorge Arturo Alvarado-Núñez², Michael Hernández-Agüero³, Luis Alejandro Rodríguez-Campos⁴

RESUMEN

El uso de mezclas de ácidos orgánicos y aceites esenciales (AO+AE) se proponen como una alternativa a los antibióticos promotores de crecimiento. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la suplementación con un compuesto comercial de AE+AO en los parámetros de productividad en cerdas lactantes y sus lechones en el trópico seco costarricense. Para ello, 42 cerdas agrupadas en tres períodos de evaluación y siete grupos de parición fueron asignadas a dos tratamientos, Control y Tratado (2 kg/ton de AE+AO). Las variables evaluadas en las cerdas fueron el peso antes del parto y después del destete, la grasa dorsal antes y después del parto, días abiertos, consumo, duración de la gestación y la tasa de preñez de las cerdas. En la camada se comparó el peso al nacimiento, peso al destete, número de lechones nacidos vivos, nacidos muertos, momias y muertos en destete. No se encontró diferencias significativas entre los tratamientos evaluados para ninguna de las variables ($p > 0.05$), no obstante, se observaron tendencias ($p < 0.1$) en la diferencia en nacidos totales (Control: 11,6; Tratado: 13,7) y momias (Control: 0,3; Tratado: 0,8). La composición del suplemento utilizado y la falta de reto patogénico pueden ser las causas detrás de la falta de diferencias observadas. En conclusión, la suplementación con AE+AO no tuvo efecto sobre la productividad de cerdas.

¹Este trabajo forma parte de la tesis de los dos primeros autores para obtener el título de licenciatura en Ingeniería en Sistemas de Producción Animal de la Universidad Técnica Nacional, Sede Atenas.

²Ganadería Diamantes, S.A., Abangares, Guanacaste, Costa Rica. Correo electrónico: jorgealvaradon@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0001-7547-2289>)

³Asesoría Técnica Agropecuaria S.A., Santo Domingo, Heredia, Costa Rica. Correo electrónico: michhernandez@gmail.com. (<https://orcid.org/0000-0001-7704-8801>)

⁴Universidad Técnica Nacional, Atenas, Alajuela, Costa Rica. Autor para correspondencia: lalejandrrodriguez@yahoo.es (<https://orcid.org/0000-0002-9382-5401>)

Palabras Clave: aditivos, promotores del crecimiento animal, antimicrobianos, monogástricos, extractos vegetales, acidulantes.

ABSTRACT

Effect of the supplementation with organic acids and essential oils on sow productivity. Essential Oils plus Organic Acids (EO+OA) compounds are proposed as an alternative to growth promoting antibiotics. The objective of this work was to evaluate the effects of supplementing a commercial formulation of EO+OA on productivity of lactating sows and their piglets in the Costa Rican dry tropics. Forty-two sows grouped in three evaluation periods and seven parity groups, were assigned to two treatments: Control and Treated (2 kg/ton EO+OA supplement). The variables evaluated in the sows were pre-farrowing and post-weaning weight, backfat thickness (prior farrowing and post weaning), open days, feed intake, gestation length and pregnancy rate. The weaning weight, total born number, born alive, stillbirths, mummified piglets, and weaning mortality were compared on the litter. There were no significant differences between the treatments for any of the variables ($p > 0.05$), however, trends ($p < 0.1$) on total born (Control: 11.6; Treated: 13.7) and mummified piglets (Control: 0.3; Treated: 0.8) were found. The supplement composition and the lack of pathogenic challenge might be the causes behind the observed lack of effects. In conclusion, the supplementation with EO+OA had no effects on sow productivity.

Keywords: additives, animal growth promoters, antimicrobials, non-ruminants, plant extracts, acidifiers.

INTRODUCCIÓN

Desde los años cincuenta, el uso de antibióticos promotores de crecimiento (APC) se posicionó como una práctica común para mejorar la productividad de las explotaciones pecuarias (Ardoino et al., 2017).

Años después, se ha asociado su uso con la aparición de cepas bacterianas resistentes, por lo cual ha sido prohibido tanto en Estados Unidos como en Europa (Molina, 2019).

Las plantas y sus aceites esenciales han sido utilizadas desde la antigüedad por sus propiedades curativas, tanto en los seres humanos como en los animales (Aljaafari et al., 2021). Estas tienen propiedades antioxidantes, antibacterianas, antimicóticas y antivirales (Aljaafari et al., 2021). Aunque los mecanismos de acción no están del todo esclarecidos, se ha establecido que pueden permeabilizar las membranas celulares y las paredes de los patógenos, causando la liberación del contenido celular, iones y material genético. También, se ha reportado una reducción del ATP intracelular, pérdida de algunas proteínas de membrana, reducción en la actividad de la ATPasa de la membrana y generación de estrés oxidativo (Aljaafari et al., 2021). Los aceites esenciales pueden tener efecto inhibitorio sobre la bomba de flujo, una proteína de la membrana de las bacterias, cuya función es controlar la entrada de sustancias tóxicas a la célula y está relacionada con resistencia antimicrobial (Aljaafari et al., 2021). Incluso, favorecen el control de mohos que producen contaminación por micotoxinas (Dwivedy et al., 2016).

En la producción animal, los ácidos orgánicos son usados generalmente para controlar la carga bacteriana del concentrado elaborado para el consumo animal, debido a que pueden reducir y controlar el crecimiento de los patógenos bacterianos y mohos, en especial en alimentos con alto pH (González, 2014; Quispe, 2013). Además, son capaces de reducir la formación de amonio en el estómago para evitar la desaminación de los aminoácidos. Por otro lado, son fácilmente metabolizables y tienen un aporte energético relevante, similar a los granos, pues en muchos casos son productos intermedios del metabolismo animal, en especial del ciclo de los hidratos de carbono (Quispe, 2013). Su acción antimicrobiana se relaciona con la disminución del pH en el alimento y el tracto gastrointestinal, lo cual genera un ambiente adverso para los patógenos. Además, la forma no disociada de estas sustancias se difunde libremente a través de la membrana celular de los microorganismos hacia el

citoplasma del patógeno, donde se disocia y produce alteraciones en el equilibrio de pH, el sistema enzimático y el transporte de nutrientes (González et al., 2013).

Se ha observado que las combinaciones de aceites esenciales y ácidos orgánicos (AE+AO) pueden funcionar como sustitutos de los APC. Xu et al. (2018) observaron ganancias diarias de peso de 31 g por encima de las observadas con APC, pero con una conversión alimenticia similar y sin afectar indicadores inmunológicos, consistencia de las heces ni la morfología intestinal. Varios estudios recopilados por Zeng et al. (2015) muestran mejoras del 10% en promedio de la ganancia diaria de peso y del 3% en la conversión alimenticia de cerdos post-destete, al utilizar mezclas de aceites esenciales, aunque no se aclara si se está comparando contra un control negativo (sin aditivos) o un control positivo (APC).

Al suplementar hembras lactantes, Balasubramanian et al. (2016) encontraron que una mezcla de ácidos orgánicos y aceites esenciales microencapsulados no afectó el tamaño de camada, el consumo de alimento ni el grosor de la grasa dorsal de las cerdas, tampoco la sobrevivencia o el consumo de los lechones, pero sí se observó una mejoría en la ganancia diaria de peso de los lechones suplementados de 28 g/día. De manera similar, Hernández-Borjas (2008) no encontró diferencias en tamaño y peso de camada, consumo de la cerda, días abiertos ni porcentaje de preñez en la preñez subsecuente entre cerdas que recibieron un suplemento con aceites esenciales versus un control absoluto.

Como se puede derivar de lo anteriormente presentado, los resultados parecen prometedores, pero son variables de estudio a estudio. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto de la suplementación con un compuesto comercial de AE+AO en los parámetros de productividad en cerdas lactantes y sus lechones en el trópico seco costarricense.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se realizó en la explotación porcina Ganadería Diamantes, S. A., ubicada en Abangares, Guanacaste, Costa Rica (latitud $-10^{\circ}30'12''$ longitud $85^{\circ}01'59''$), con una temperatura mínima de $22,7^{\circ}\text{C}$ y máxima de $34,8^{\circ}\text{C}$, precipitación 2040 mm anuales, una humedad mínima de 40% y máxima de 80% y una altitud de 140 m s. n. m.

Manejo de los animales

El trabajo de campo tuvo una duración de 180 días entre enero y junio 2018. Se seleccionaron 42 hembras del hato reproductor de la línea comercial Topigs® 40, de entre 1 y 7 partos, asignando un número igual de hembras de cada número de partos a los tratamientos. Suponiendo que se desea detectar una diferencia estandarizada grande ($d=0,4$), el tamaño de muestra usado ($n=42$) permitiría obtener una potencia de 0,71 y 0,82 para probabilidades de error tipo I de 0,05 y 0,10, respectivamente; lo cual lo convierte en un estudio de carácter preliminar.

El experimento se realizó en tres periodos, cada período con 14 cerdas en evaluación. Previo al inicio del experimento fueron inseminadas con semen del mismo verraco y por el mismo operario. El semen se diluyó a la misma concentración y se colocó usando la técnica post cervical profunda. Las cerdas seleccionadas entraron al experimento el día 77 de gestación hasta el día 28 de la siguiente gestación, cuando se realiza la evaluación ecográfica de preñez. Durante la gestación, las cerdas fueron alojadas en jaulas metálicas, con dimensiones de 2 m de largo por 0,55 m de ancho y 1 m de alto, con piso de concreto con desnivel del 1%. Cada jaula contaba con bebedero individual y comedero automático.

Antes de ser trasladadas a maternidad, a las cerdas se les midió la grasa dorsal, se pesaron, se lavaron con agua y jabón, se cepillaron y se desinfectaron. Al momento del parto, todas las cerdas recibieron atención de un colaborador, se dejó que al lechón se le desprendiera por sí solo el cordón umbilical, luego de esto se le aplicó un talco secador para evitar pérdida

de calor y se registró el peso al nacimiento antes de ponerlos a mamar calostro. Posterior al parto, se midió la temperatura rectal de las madres por tres días consecutivos, con el fin de controlar a tiempo alguna infección postparto.

En la etapa de lactancia, las camadas fueron homogenizadas por tamaño, cuidando no mezclar lechones de cerdas primerizas con cerdas multíparas ni de diferentes tratamientos. Las cerdas y sus lechones fueron alojados en parideras metálicas de 2,20 m de largo, 0,6 m de ancho, 1,1 m de alto y 0,60 m de espacio libre para los lechones. Cada jaula tenía una lámpara como fuente de calor en la parte trasera y tapete de cartón en el piso para suministrar la temperatura adecuada a los lechones (alrededor de los 32° C). Sobre el piso de las jaulas se ubicaron estibas plásticas, provistas de angostas ranuras que permitieron el flujo de la orina y cierta cantidad de heces a los canales de desagüe ubicadas en la parte posterior de cada jaula. Cada jaula tenía un comedero de acero inoxidable y un bebedero tipo chupón que suministraba aproximadamente 2 litros por minuto.

Se procuró dar la mínima manipulación a los lechones durante su estancia en la maternidad (no se les realizaron muescas en las orejas, ligación de ombligos, ni descolmillado). Sin embargo, al tercer día fueron castrados y se les aplicó una dosis de hierro y coccidiostato. Al día 21 de vida fueron vacunados contra micoplasma y circovirus.

Tres semanas después del parto, las cerdas se prepararon para la próxima gestación por medio de la vacunación contra parvovirus porcino, erisipela y leptospirosis. El destete se realizó el día 28 postparto, realizándose, a su vez, un pesaje de los lechones y las madres, así como la medición de la grasa dorsal de las hembras.

Posterior al destete, las cerdas fueron sometidas a un programa de alimentación tipo *flushing* e inseminadas mediante la técnica post cervical intrauterina profunda usando un semen del mismo verraco en todas las cerdas en estudio, con una concentración espermática de tres mil quinientos millones por botella. Veintiocho días después de la inseminación, se verificó la preñez mediante ecografía.

Alimentación

La alimentación de las cerdas se describe en el Cuadro 1. Durante la etapa de parto (día 113 en adelante) se suministraron 3 kg diarios de alimento, en la etapa de lactancia se fue aumentando paulatinamente de 1 a 5 kg por cada día, hasta alimentar a voluntad a partir del día 5. En la etapa de gestación, se suministraron 2,3 kg/cerda/día.

Cuadro 1. Composición nutricional de las dietas suministradas.

Análisis	Gestación	Lactancia
<i>Composición Nutricional (%)</i>		
Humedad	12,9	12,3
Proteína Cruda	12	18,4
Extracto Etéreo	3,3	5,1
Energía Metabolizable(kcal/kg)	3100	3400
Cenizas	5,3	5,2
Fibra	3,7	3,2
Fosforo Total	0,6	0,58
Calcio	0,85	0,7
<i>Ingredientes (g/kg)</i>		
Maíz Amarillo	660,6	580,7
Proteína de Soya	69	258
Salvadillo de Trigo	230	100
Aceite Vegetal	0	24
Bicarbonato de Sodio	1,5	1,5
Sal	5,5	4,5
Fosfato Monodivale	5,1	6,3
Secuestrante de micotoxinas	1,5	1,5
Carbonato De Calcio	15,3	9,4
Levadura	1,5	1,5
L-Lisina 99%	0	1,3
Metionina DI 99%	0	0,5
L-Treonina 98,5%	0	0,8
Premezcla de minerales y vitaminas ¹	10	10

¹Ambas premezclas contienen fitasa. La premezcla usada en la fase de gestación contiene L-Lisina adicionada

Tratamientos

Se evaluaron dos tratamientos; *Control*, dieta basal de la finca, sin APC ni ácidos orgánicos o aceites esenciales y *Tratado*, Control + 2 kg/ton de un suplemento comercial de aceites esenciales, extractos de plantas y ácidos orgánicos (3% de aceite de hinojo -*Foeniculum vulgare*- y extracto de *Yucca shidigera*, 3% ácido propiónico y/o propionato de amonio y 16% ácido fórmico y/o formiato de amonio). Para la asignación de los tratamientos se usó un diseño de bloques completos al azar, usando el número de partos y el período de evaluación como factores del bloque, de forma que quedara una réplica de cada tratamiento por combinación de periodo (3 periodos) y número de partos (1 a 7).

Análisis estadístico

En las cerdas se evaluó el peso y grasa dorsal antes de entrar a maternidad y posterior al destete, el consumo de alimento, la duración de la gestación y los días abiertos, según el siguiente modelo de efectos fijos:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + B_j + P_k + \epsilon_{ijkl}$$

Donde:

- Y_{ijkl} es la observación de la l -ésima cerda, en el parto k -ésimo, en el periodo j -ésimo que recibió el tratamiento i -ésimo.
- μ es la media general
- T_i es el efecto del tratamiento i -ésimo ($i = \text{Control, Tratamiento}$)
- B_j es el efecto del periodo j -ésimo ($j = 1, 2, 3$)
- P_k es el efecto del parto k -ésimo ($k = 1, 2, 3, \dots, 7$)
- ϵ_{ijkl} es el error aleatorio de la observación en la l -ésima cerda, en el parto k -ésimo, en el periodo j -ésimo que recibió el tratamiento i -ésimo. Dichos errores se asumieron normales, con media cero e independientes.

Para las variables de conteo evaluadas en la camada (nacidos totales, nacidos vivos, nacidos muertos, momias, lechones destetados) se consideraron los mismos efectos fijos, pero se usó

un modelo lineal generalizado Poisson con función de enlace logaritmo. Para el peso al nacimiento y peso al destete se emplearon modelos jerárquicos, incluyendo los mismos efectos fijos anteriormente indicados, pero añadiendo el efecto aleatorio de la cerda, de forma que las observaciones de peso de cada lechón estuvieran anidadas en las cerdas. Además, se incluyó una matriz de varianza-covarianza de simetría compuesta para modelar la correlación de los errores. Por su parte, la tasa de preñez posterior al destete y la mortalidad de lechones en lactancia se analizaron mediante regresión logística, en el primer caso se usaron los mismos efectos fijos y en el segundo solamente el efecto del tratamiento, debido a problemas de predicción perfecta.

Se empleó el lenguaje de programación estadística R, versión 3.6.1 (R Core Team, 2020) y sus funciones nativas *lm* y *glm*, para el ajuste de la mayoría de los modelos. En el caso de los modelos jerárquicos, se utilizó la función *lme* del paquete complementario *nlme* (Pinheiro et al., 2020). La regresión logística se obtuvo mediante la función *bayes glm* del paquete *arm* (Gelman & Su, 2020), ya que mejora la estimación en condiciones de desbalance de unos y ceros.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se encontró diferencias significativas entre los dos tratamientos evaluados para ninguna de las variables (Cuadro 2).

Cuadro 2. Comparación de las medias de ambos tratamientos para las diferentes variables analizadas.

	Control		Tratado		Valor p
	Media	EE ¹	Media	EE	
<i>Variables de la cerda</i>					
Peso Pre-Parto(kg)	274,0	3,13	271,2	3,13	0.527
Diferencia Peso (kg) ²	35,6	2,77	34,6	2,77	0.785
Grasa Dorsal Pre-Parto (mm)	18,2	0,80	18,3	0,80	0.907
Diferencia Grasa Dorsal (mm) ³	2,6	0,22	2,2	0,21	0.232
Consumo en maternidad (kg/d)	5,7	0,09	5,7	0,09	0.998
Duración de la Gestación (d)	114,7	0,34	114,5	0,34	0.621
Periodo Abierto (d)	4,9	0,32	4,2	0,26	0.102
Preñez (28 días post destete, %)	91,0	5,88	94,5	4,53	0.564
<i>Variables de la camada</i>					
Nacidos Totales	11,6	0,74	13,7	0,81	0.056
Nacidos Vivos	10,8	0,72	12,1	0,76	0.201
Nacidos Muertos	0,6	0,17	0,8	0,20	0.352
Momias	0,3	0,13	0,8	0,19	0.057
Mortalidad en Lactancia (%) ⁴	6,6	0,16	4,8	0,13	0.387
Lechones Destetados ⁴	10,8	0,72	10,9	0,72	0.925
Peso al Nacimiento (kg)	1,4	0,04	1,4	0,04	0.744
Peso al Destete (kg)	5,8	0,20	5,6	0,20	0.474

¹Error Estándar

²Diferencia entre el peso pre-parto y el peso al destete

³Diferencia entre el grosor de la grasa dorsal pre-parto y post-destete.

⁴Respecto a una base de 11,6 y 11,7 lechones por camada, respectivamente, posterior a la homogenización de camadas.

El conteo de lechones nacidos totales fue de 2,1 unidades superior en el grupo tratado, dicha diferencia tendió a la significancia ($p < 0.1$). Este resultado podría no ser causado por la suplementación, pues el experimento inició a partir del día 77 de gestación y para esta etapa, el número de lechones debería estar definido, ya que la implantación de los embriones se da entre los días 15 y 24 de gestación (Bazer et al., 2009).

La cantidad de momias presenta una tendencia a la significancia ($p < 0.1$) donde el promedio del grupo tratado es levemente superior. Aunque existe un importante componente sanitario detrás de esta variable (por ejemplo, infecciones de parvovirus o PRRS), se ha determinado que el peso y tamaño de la camada tienen relaciones significativas con la presencia de momias (Borges et al., 2005; Le Cozler et al., 2002). En el presente caso, ante un mayor tamaño de camada en el grupo tratado, se puede esperar un mayor número de momias.

En cuanto a la mortalidad en lactancia, los valores observados son levemente inferiores a los promedios de la explotación en cuestión para el año 2017 (7%) y 2018 (8%), esto puede deberse a que el estudio se realizó en época seca, cuando los indicadores sanitarios de la finca son mejores. Según Balasubramanian et al. (2016) tampoco encontraron diferencias en la mortalidad en la lactancia al comparar camadas cuyas madres fueron suplementadas AE+AO contra un testigo absoluto.

El presente estudio coincide con el de Balasubramanian et al. (2016) al no encontrar diferencias en la cantidad de lechones destetados por cerda, consumo de la cerda, grosor de la grasa dorsal ni en los días abiertos en el parto subsecuente. No obstante, los autores mencionados sí encontraron diferencias en el peso vivo de la cerda y peso vivo de los lechones. Las diferencias en la composición de los suplementos evaluados, las interacciones entre los componentes del alimento y el suplemento, y en el nivel de reto patogénico en las condiciones de crianza, podrían estar detrás de las diferencias entre ambos estudios. Balasubramanian et al. (2016) usa un suplemento de 25% ácido cítrico, 16,7% ácido sórbico, 1,7% timol y 1% vainillina. Es difícil comparar esos resultados con los de este trabajo porque se usaron diferentes aceites esenciales, además, no se pudo obtener la composición de exacta aceites esenciales en el suplemento evaluado, ya que solo se indica que contiene 3% de una mezcla de aceite esencial de hinojo (*Foeniculum vulgare*) y extracto de *Yucca shidigera*). Tal y como plantea Zeng et al. (2015) es necesario que se empiecen a declarar de manera cuantitativa las cantidades de compuestos encontrados en los suplementos, de manera que se puedan hacer mejores comparaciones, y así, llenar vacíos de conocimiento como las posibles interacciones entre factores nutricionales, otros aditivos, los componentes del alimento y los suplementos de AE+AO. Por otro lado, la explotación donde se realizó el estudio tiene protocolos sanitarios bastante exigentes que podrían reducir la carga patogénica y, por ende, mejorar la respuesta del control.

En cuanto a las variables reproductivas como días abiertos y porcentaje de preñez, la presente investigación coincide con lo encontrado por Hernández-Borjas (2008) y

Balasubramanian et al. (2016), ya que no se observaron diferencias debidas a la suplementación en dichas variables.

Estudios que han evaluado el efecto de hinojo en la alimentación animal han indicado mayores ganancias de peso sin afectar el consumo ni la conversión alimenticia, menor excreción de ácido úrico y una mayor eficiencia ante la vacunación de la enfermedad de Newcastle en pollos de engorde, suministrando 100 mg/kg de aceite esencial de hinojo (Safei-Cherehh et al., 2020). Asimismo, se observaron efectos beneficiosos en la ganancia diaria de peso y la conversión alimenticia al alimentar corderos con dietas de 15 g/kg de polvo de semilla de hinojo (Hajakuzadeh et al., 2019). Las cantidades de dichos aditivos suministradas en tales estudios son mucho mayores que las utilizadas en el presente estudio, que fue menor a 60 mg/kg, y sugieren que los niveles incluidos en el suplemento comercial podrían ser insuficientes para una respuesta adecuada.

CONSIDERACIONES FINALES

A modo de conclusión se debe recalcar que no se encontró diferencias para ninguna de las variables evaluadas, entre el grupo que recibió el suplemento de AE+AO y el control. Aunque esto puede deberse a la ineffectividad del producto, la falta de desafío en la finca y el tamaño de muestra pequeño podrían ser factores que limiten la respuesta. Se recomienda ejecutar la misma investigación, con un mayor número de animales, con el fin de tener conclusiones con mayor poder estadístico. Asimismo, se recomienda utilizar una fórmula del producto con una mayor inclusión de aceite de hinojo, lo cual podría ser beneficioso para la producción.

LITERATURA CITADA

Aljaafari, M.N., A.O. AlAli., L. Baqais, M. Alqubaisy. y M. AlAli. 2021. An Overview of the Potential Therapeutic Applications of Essential Oils.

Molecules, 26 (628). doi: 10.3390/molecules26030628.

Ardoino, S.M., R.E. Toso, M.S. Toribio, H.L. Álvarez., y E.L. Mariani, et al. 2017. Antimicrobianos como promotores de crecimiento (AGP) en alimentos balanceados para aves: uso, resistencia bacteriana, nuevas alternativas y opciones de reemplazo. *Revista Ciencias Veterinarias*, 19 (1): 50–66. doi: <http://dx.doi.org/10.19137/cienvet-20171914>.

Balasubramanian, B., J.W. Park, y I.H. Kim. 2016. Evaluation of the effectiveness of supplementing micro-encapsulated organic acids and essential oils in diets for sows and suckling piglets. *Italian Journal of Animal Science*, 15 (4): 626–633. doi: 10.1080/1828051X.2016.1222243.

Bazer, F.W., T.E. Spencer, G.A. Johnson, R.C. Burghardt, y G. Wu. 2009. Comparative aspects of implantation. *Reproduction*, 138 (2): 195–209. doi: 10.1530/REP-09-0158.

Borges, V.F., M.L. Bernardi, F.P. Bortolozzo, y I. Wentz. 2005. Risk factors for stillbirth and foetal mummification in four Brazilian swine herds. *Preventive Veterinary Medicine*, 70 (3-4): 165–176. doi: 10.1016/j.prevetmed.2005.03.003.

Le Cozler, Y., C. Guyomarc'h, X. Pichodo, P.-Y. Quinio, y H. Pellois. 2002. Factors associated with stillborn and mummified piglets in high-prolific sows. *Animal Research*, 51: 261–268. doi: 10.1051/animres:2002017.

Dwivedy, A.K., M. Kumar, N. Upadhyay, B. Prakash, y N.K. Dubey. 2016. Plant essential oils against food borne fungi and mycotoxins. *Current Opinion in Food Science*, 11: 16–21. doi: 10.1016/j.cofs.2016.08.010.

Gelman, A., y Y.-S. Su. 2020. *arm: Data Analysis Using Regression and Multilevel/Hierarchical Models*. Red Exhaustiva de Archivos para R, Fundación R para la Computación Estadística, Viena, Austria. <https://cran.r-project.org/package=arm>. (Consultado 16 mayo 2021)

González, S., E. Icochea, P. Reyna, J. Guzmán, F. Cazorla, et al. 2013. Efecto de la suplementación de ácidos orgánicos sobre los parámetros productivos en pollos de engorde. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 24 (1): 32–37.

González, Y. M. (2014). Efecto de la adición de ácidos orgánicos y probióticos sobre el crecimiento del camarón (*Litopenaeus vannamei*). Tesis Lic. Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/1979> (Consultado 21 setiembre 2021).

Hajalizadeh, Z., O. Dayani, A. Khezri, R. Tahmasbi, M.R. Mohammadabadi. 2019. The effect of adding fennel (*Foeniculum vulgare*) seed powder to the diet of fattening lambs on performance, carcass characteristics and liver enzymes. *Small Ruminant Research*, 175: 72-77. doi 10.1016/j.smallrumres.2019.04.011

Hernández-Borjas, A. 2008. Efecto de la adición del fitobiótico (Biomin® P. E. P. 1000) en la dieta de cerdas lactantes. Tesis Lic. El Zamorano, Francisco Morazán, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/868/1/T2595.pdf> (Consultado 3 mayo 2021).

Molina, A. 2019. Probióticos y su mecanismo de acción en alimentación animal. *Agronomía Mesoamericana*. 30(2): 601–611. doi: 10.15517/am.v30i2.34432.

Pinheiro, J., D. Bates, S. DebRoy, D. Sarkar, y R Core Team. 2020. nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. Red Exhaustiva de Archivos para R, Fundación R para la Computación Estadística, Viena, Austria. <https://cran.r-project.org/package=nlme>. (Consultado 16 mayo 2021)

Quispe, L. M. (2013). Utilización de ácidos orgánicos (acético, propiónico) y yodoforo al (5%) como promotores de crecimiento en cerdos en el proyecto porcino de la Universidad Estatal de Bolívar. Tesis Lic. Universidad Estatal de Bolívar, Guanujo, Ecuador. <http://dspace.ueb.edu.ec/handle/123456789/757> (Consultado 21 setiembre 2021)

R Core Team. 2020. R: Un lenguaje y ambiente para la computación estadística. Fundación R para la Computación Estadística, Viena, Austria. <https://www.r-project.org/>. (Consultado 16 mayo 2021)

Safei-Cherehh, A., B. Rasouli, P. Adeniyi-Alaba, A. Seidavi, S. Rojas-Hernández, et al. 2020. Effect

of dietary *Foeniculum vulgare* Mill. extract on growth performance, blood metabolites, immunity and ileal microflora in male broilers. *Agroforestry Systems*, 94: 1269-1278. doi: 10.1007/s10457-018-0326-3

Xu, Y.T., L. Liu, S.F. Long, L. Pan, y X.S. Piao. 2018. Effect of organic acids and essential oils on performance, intestinal health and digestive enzyme activities of weaned pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 235: 110–119. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2017.10.012.

Zeng, Z., S. Zhang, H. Wang, y X. Piao. 2015. Essential oil and aromatic plants as feed additives in non-ruminant nutrition: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 6(1): 1–10. doi: 10.1186/s40104-015-0004-5.